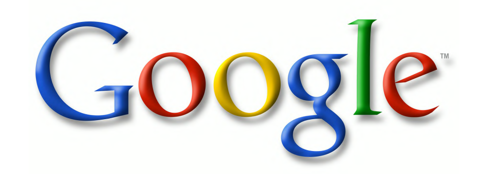
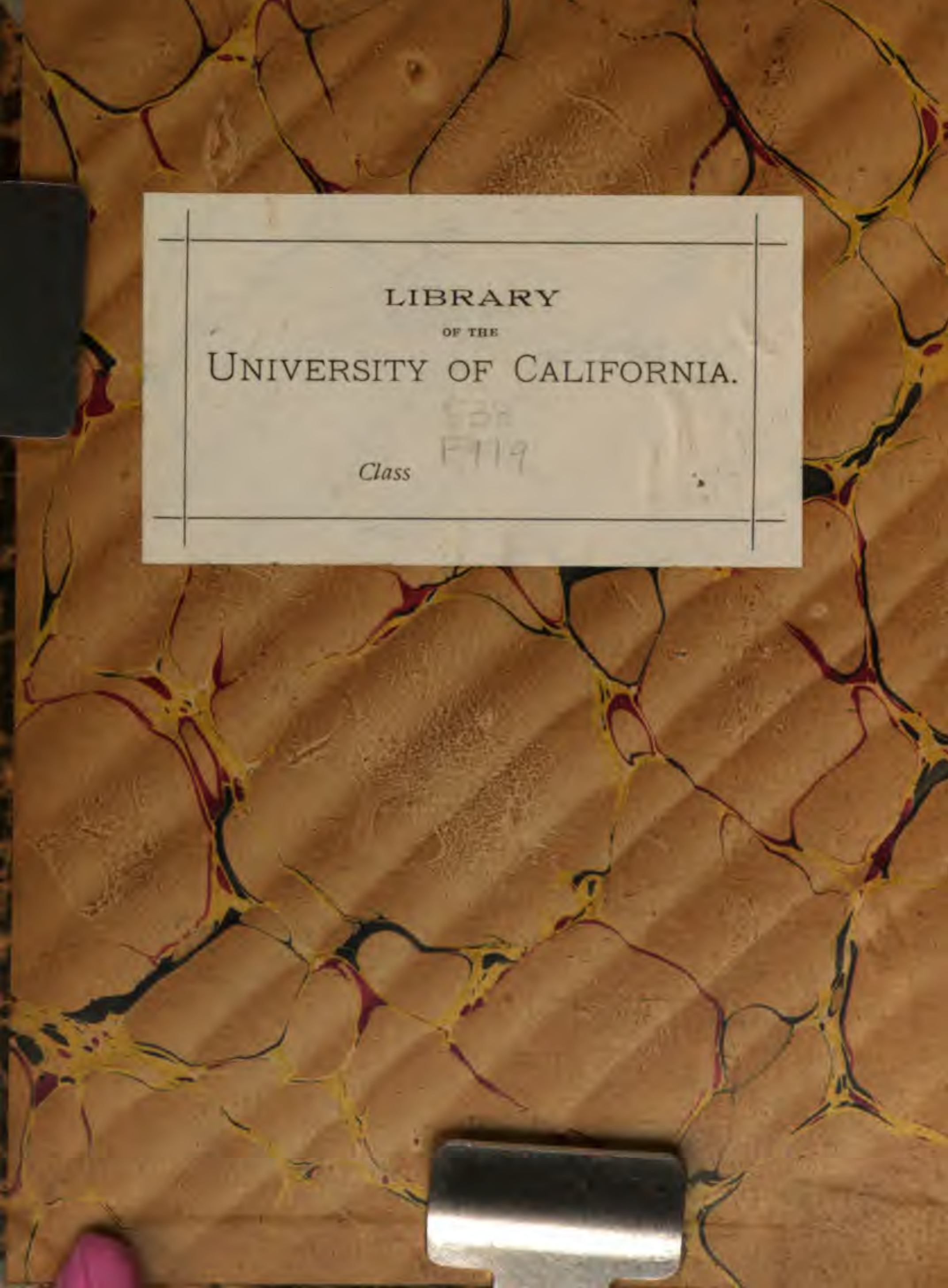



$B 80 170


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
Class



FABRICATION

DE

LA FÉCULE

ET

DE L'AMIDON

D'APRÈS

LES PROCÉDÉS LES PLUS RÉCENTS

PAR

J. FRITSCH

Ingénieur-Chimiste

Lauréat de la Société d'Encouragement

Avec 105 gravures dont 1 planche hors texte

Deuxième édition entièrement refondue et augmentée

PARIS

LIBRAIRIE MÉDICALE ET SCIENTIFIQUE

JULES ROUSSET, ÉDITEUR

11, RUE CASIMIR-DELAVIGNE ET 12, RUE MONSIEUR-LE-PRINCE

—

1906

FABRICATION DE LA FÉCULE

ET

DE L'AMIDON

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

A LA MÊME LIBRAIRIE

Distillation de la betterave et du topinambour. 1 vol. in-16 avec gravures. Cartonné. 5 fr. »»

Traité de la distillation des produits agricoles et industriels (en collaboration avec E. Guillemin). 1 vol. in-8 avec grav. Broché. 8 fr. »»
(*Ouvrage couronné par la Société d'encouragement*)

Nouveau Traité de la Fabrication des liqueurs. 1 vol. in-8, 526 pages et 57 gravures dans le texte. 2e édition. Broché . . . . . . 10 fr. »»

Fabrication de la margarine et des graisses alimentaires. 1 vol. in-16. 350 pages, avec gravures. Broché . . . . 4 fr. 50

Fabrication et raffinage des huiles végétales. 1 vol. in-8. 592 pages avec gravures dans le texte. Broché . . . . 12 fr. »»

Fabrication et raffinage des huiles et graisses d'origine animale. 1 vol. in-8 d'environ 400 pages (*sous presse*).

Fabrication de la dextrine et de la glucose. 1 vol. in-8 d'environ 250 pages, avec gravures (paraîtra en février 1906) . . . . . 6 fr. »»

FABRICATION

DE

LA FÉCULE

ET

DE L'AMIDON

D'APRÈS

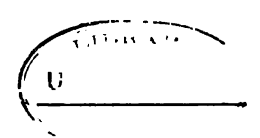
LES PROCÉDÉS LES PLUS RÉCENTS

PAR

J. FRITSCH
Ingénieur-Chimiste
Lauréat de la Société d'Encouragement

Avec 105 gravures dont 1 planche hors texte

Deuxième édition entièrement refondue et augmentée



PARIS
LIBRAIRIE MÉDICALE ET SCIENTIFIQUE
JULES ROUSSET, ÉDITEUR
11, RUE CASIMIR-DELAVIGNE ET 12, RUE MONSIEUR-LE-PRINCE

1906

PRÉFACE

Depuis l'apparition de notre première édition, la féculerie française a réalisé des progrès importants. L'outillage et les procédés de fabrication ont été l'objet de nombreux perfectionnements, dûs principalement à l'initiative intelligente de nos inventeurs et de nos constructeurs. Le repassage de la pulpe, inconnu ou à peu près il y a 12 ans, est aujourd'hui pratiqué dans toutes les féculeries d'une importance moyenne, et se traduit partout par une augmentation de rendement. L'appareil centrifuge, dont nous avions fait également ressortir les avantages, fait maintenant partie intégrante de l'outillage. Enfin, la pulpe est employée d'une manière plus judicieuse et, par suite, plus rémunératrice. Loin de nous la prétention de nous attribuer, à un titre quelconque, le mérite de ces améliorations ; il nous suffit de les avoir suggérées.

La nouvelle édition que nous présentons à nos lecteurs n'est pas une simple réimpression de l'ancienne : nous y avons introduit tous les éléments des progrès réalisés dans les différents pays producteurs, dont nous avons suivi la marche année par année, à l'aide des publications périodiques spéciales (dont nous donnons ailleurs la liste) et surtout des comptes

rendus annuels des réunions des féculiers allemands, dont la lecture est toujours intéressante. Enfin, nous avons considérablement élargi l'étude si importante des résidus de la féculerie et de l'amidonnerie et de leurs emplois.

Il s'ensuit que, tout en éliminant un certain nombre de descriptions plutôt encombrantes, et en passant sous silence certains procédés (amidonnerie) qui ne paraissent intéresser que leurs inventeurs, nous avons été amené à donner à notre ouvrage une importance beaucoup plus considérable. Puisse-t-il répondre à l'attente de nos lecteurs et justifier une fois de plus leur bienveillant accueil.

Paris, 5 janvier 1906.

PRINCIPAUX OUVRAGES CONSULTÉS

Zeitschrift fur Spiritusindustrie, organe des distillateurs et des féculiers allemands, publié à Berlin.

Chemiker zeitung, publié par le Dr Krause, à Cöthen, Allemagne.

Zeitschrift fur angewandte Chemie.

Dr Saare. — *Fabrikation der Kartoffelstärke*, publié par Springer, à Berlin.

V. Wagner. — *Die Stärkefabrikation* (Vieweg à Brunswick).

O. Dammer. — *Handbuch der chemischen Technologie.*

Muspratt. — *Encyklopedisches Handbuch der chemischen Technologie* (Vieweg à Brunswick).

Dingler. — *Polytechnisches Journal.*

Journal of the Society of chemical Industry, Londres.

Comptes rendus de l'Académie des sciences, Paris.

Moniteur scientifique du Dr Quesneville, Paris.

Journal de pharmacie et de chimie, Paris.

Revue générale de chimie pure et appliquée, publiée par M. Georges F. Jaubert, Paris.

Journal *La Féculerie*, publié par M. Thomas, à Compiègne (ne paraît plus). M. Thomas a bien voulu nous autoriser à lui faire des emprunts. Nous en avons profité largement.

Journal d'agriculture tropicale, publié par M. J. Wilbouchewitch, à Paris.

Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, Paris.

Congrès international des chimistes, Comptes rendus.

FABRICATION DE LA FÉCULE

ET

DE L'AMIDON

PREMIÈRE PARTIE

FABRICATION DE LA FÉCULE

CHAPITRE PREMIER

L'AMIDON

I. — La présence de l'amidon dans les plantes et son importance physiologique

L'amidon est une substance très répandue dans le règne végétal ; il se présente sous forme d'une poudre blanche, brillante, insipide, inodore, et fait entendre une sorte de craquement sous les doigts qui le compriment.

L'amidon se forme dans les parties vertes des plantes par la transformation de l'acide carbonique en présence d'eau, sous l'influence de la lumière. Sans lumière, non seulement il n'y a pas formation d'amidon, mais encore l'amidon existant disparaît pour se transformer en d'autres substances.

L'amidon ne séjourne jamais longtemps dans les organes qui le produisent ; il se fluidifie peu de temps après sa formation et concourt en passant par d'autres formes à l'alimentation momentanée et au développement immédiat de la plante ; ou bien encore, s'il est produit en excès tel que la plante ne

puisse se l'assimiler en totalité, il va se déposer, à l'état insoluble, dans les organes spéciaux comme réserve pour les périodes ultérieures de la végétation. C'est ainsi qu'on rencontre l'amidon en automne et en hiver dans les rayons médullaires du bois pour fournir aux bourgeons les premiers aliments au réveil de la végétation ; dans les graines, les racines, rhizomes, bulbes, tubercules, etc., où il pourvoit à l'alimentation des germes qui s'y développent pendant la période où ces parties sont dépourvues d'organes verts et ne peuvent, par conséquent, se suffire à elles-mêmes.

En effet, si l'on suit attentivement les phases de la germination des grains, par exemple, on constate qu'elle est accompagnée de la transformation de l'amidon en dextrine et en sucre qui fournit à la jeune plante les aliments solubles qu'elle ne peut encore puiser ni dans le sol, ni dans l'atmosphère.

M. Sachs a trouvé que, pour la plupart des espèces, l'amidon contenu dans la chlorophylle des feuilles disparaît entièment pendant la nuit. Les feuilles vidées pendant la nuit développent de nouveaux grains d'amidon qui s'accumulent peu à peu si la température est favorable (15-20° C.) ; le matin elles sont encore pauvres, dans l'après-midi elles donnent à l'épreuve de l'iode une coloration noire (qui indique la présence d'une quantité moyenne d'amidon), et le soir une coloration noire métallique (indice de grande richesse en amidon). Mais ces fluctuations rapides de la quantité d'amidon ne s'observent que dans les plantes robustes et normales.

L'amidon enlevé aux grains de chlorophylle se convertit probablement en sucre, ainsi que semblent le démontrer les expériences anciennes de Sachs et de Muller-Thurgau.

Néanmoins, certains faits ne s'accordent guère avec cette manière de voir. Ordinairement, surtout lorsqu'il s'agit de plantes robustes, comme la pomme de terre, la citrouille et le tournesol, on ne trouve que des quantités insignifiantes de sucre au moment où l'amidon disparaît.

En général, un mètre carré de feuille produit en une journée favorable environ 24 grammes d'amidon, auxquels il faut ajouter à peu près un gramme qui représente la perte par respiration.

L'élaboration de l'amidon étant concentrée dans les cellules de chlorophylle, les plantes privées de cette dernière substance ne peuvent en produire.

II. — Plantes importantes au point de vue de l'extraction de la fécule

Parmi les plantes féculentes, nous ne mentionnerons que celles qui se distinguent par leur grande richesse en fécule et qui peuvent, par conséquent, être utilisées à l'extraction mécanique de la matière amylacée, ou au moins à la préparation de produits qui sont d'un usage courant à cause de leur teneur élevée en fécule.

Les graines des graminées, surtout le froment, le maïs, le riz, le millet, se distinguent par une grande richesse en amidon ; viennent ensuite les graines d'un grand nombre de légumineuses, telles que les fèves, les lentilles, les pois, etc.

Dans le sarrazin (grain du *Polygonum fagopyrum*), les glands et les châtaignes, on trouve également de l'amidon en quantité assez considérable.

Parmi les racines ou rhizomes riches en fécule, il y a lieu de citer surtout les pommes de terre, les patates (tubercules de *Convolvulus Batatas* ou *Batatas edulis Chois.*), les tubercules de l'*Arum vulgare* et *esculentum*, les racines de l'igname (*Dioscorea sativa*), les rhizomes tubéreux des *Marantacées*, du manioc (*Manihot utilissima* ou *Jatropha Manihot*), la moelle de beaucoup de palmiers et variétés de Cycadées (*Sagus Rumphii*, etc., *Cycas revoluta* et autres).

Bien que les différentes espèces de fécule soient parfaitement identiques sous le rapport de leur composition et de leurs réactions chimiques, tout en présentant, suivant leur origine, des différences essentielles dans leur conformation extérieure, on les désigne d'après leurs origines respectives. C'est ainsi qu'on dit : fécule de pommes de terre, amidon de riz, de maïs, de froment, etc.

La fécule d'arrow-root, ou simplement arrow-root, est extraite des rhizomes de *Canna edulis*, de différentes variétés de Marantacées. La fécule de sagou est fabriquée avec la moelle du sagouier, etc.

III. — Constitution et formation de l'amidon dans les plantes

La fécule se présente à l'œil nu à l'état de poudre informe d'un blanc plus ou moins pur. En l'examinant attentivement, on reconnaît déjà à l'œil nu dans certaines espèces, par exemple dans la fécule de pommes de terre, que l'on se trouve en présence de granules de forme déterminée ; dans d'autres, notamment dans les amidons des céréales, on ne distingue cette conformation qu'à l'aide du microscope ; d'autres encore, comme l'amidon de riz, nécessitent des grossissements considérables pour devenir nettement perceptibles.

En plaçant des grains d'amidon sur le porte-objet d'un microscope d'un grossissement de trois cents fois, on constate que ces grains ne sont presque jamais sphériques, mais plutôt de forme plus ou moins allongée, souvent irrégulière. Dans l'amidon de froment les granules sont généralement ovoïdes ; dans l'amidon de riz ils sont généralement polyédriques. Ces particularités de structure des divers amidons sont suffisamment caractéristiques pour qu'il soit possible de les distinguer sûrement entre eux.

L'observation microscopique montre ensuite que chaque granule d'amidon, pris isolément sur une plante fraîche, porte dans son intérieur au moins un seul point très brillant. Dans la fécule préalablement soumise à la dessiccation, ce point est remplacé par une tache sombre. On désigne cette tache ou trace ponctiforme sous la dénomination de *hile* ou noyau de l'amidon. Dans la plupart des espèces, et spécialement dans la fécule de pommes de terre, on distingue parfaitement ce noyau entouré de couches concentriques très nettes.

Les granules d'amidon peuvent n'avoir qu'un noyau unique et constituent alors des granules *simples* ; ou bien ils montrent plusieurs hiles ayant chacun son système de stratification propre ; ces sortes de granules se nomment, par opposition aux précédents, granules *composés*. On rencontre fréquemment sur un seul et même grain deux hiles presque toujours situés sur son axe, ou bien trois hiles en position tétraédrique ; chacun de ces hiles est alors entouré de couches distinctes ; les deux ou trois granules ainsi formés sont enveloppés à leur tour d'une pellicule commune, composée de couches concentriques ; ces agglomérations ou groupes de grains sont désignés sous le nom de grains *tardivement* ou *anormalement* composés. Dans la première catégorie de grains composés, qu'on nomme aussi pour les distinguer de ceux-ci, grains composés *vrais*, chaque hile constitue avec son système de couches concentriques un organisme indépendant n'adhérant que faiblement au hile voisin, dont il se laisse facilement détacher pour se présenter alors sous forme de grain simple. Les grains agrégés, étant serrés les uns contre les autres dans le grain entier, ne peuvent conserver leur forme arrondie ; ils deviennent polyédriques par la pression réciproque de leurs molécules.

L'amidon de froment se compose presque exclusivement de grains simples ; dans la fécule de pommes de terre les grains simples prédominent également, mais on y trouve aussi beau-

coup de grains composés irréguliers, ainsi qu'un certain nombre de grains composés vrais, comprenant peu de granules distincts ; dans le riz, le maïs et l'avoine, les grains composés vrais dominent, mais ils sont facilement détériorés au cours de la fabrication pour se fractionner en grains partiels.

Voici du reste comment les savants expliquent le mode de formation des grains d'amidon.

Payen, dans un travail qu'il a publié en 1833, s'exprime comme suit : « Il résulte de l'ensemble des propriétés chimiques et physiques des grains d'amidon à différents âges, et des parties agrégées de chacun d'eux, que le principe immédiat dont ils se composent est d'abord sphéroïdal, comme tout corps fluide laissé à la propre attraction de ses parties intégrantes ; il *absorbe* généralement par un seul point, quelquefois par deux, rarement par trois, la matière amylacée. Celle-ci s'accumule dans l'intérieur, presse contre les premières parties agrégées, les gonfle, puis est pressée à son tour par une nouvelle quantité de matière, qui bientôt encore reçoit et transmet la pression d'un autre flot de la sécrétion. Ce gonflement successif produit les couches concentriques observées ; il continue tant que les circonstances extérieures laissent une souplesse suffisante aux premières couches qui enveloppent les autres. Lorsque le développement des grains amylacés est considérable, les premières couches formées, ayant perdu leur souplesse, ne cèdent à la pression des internes des dernières parties sécrétées qu'en éprouvant des ruptures, et celles-ci partent généralement du *hile* (point central) où les parois amincies opposent le moins de résistance. »

Fritsche est d'un avis diamétralement opposé : « Chaque grain, dit-il, est composé d'autant de couches que l'on observe d'anneaux sur lui. On se demande maintenant comment ces couches ont été formées ; si la couche externe existait d'abord comme une peau, et si les autres ont été formées par

infiltration, ou si le noyau est né le premier, et si ensuite les couches se sont déposées sur lui. Cette question se laisse décider sans qu'on ait même besoin d'observer l'acte de formation des grains ; la solution s'en trouve dans beaucoup de grains simples réunis ensemble, que l'on doit regarder comme des déviations de la règle, et qui sont en faveur de l'opinion que tous les grains sont nés de dépôts successifs de couches extérieures sur le noyau intérieur. »

Meyer se range à l'opinion de Fritsche. Il admet que les grains sont formés par le dépôt successif de nouvelles couches à la surface externe de celles qui existaient les premières.

Trécul a exposé une autre théorie ; d'après lui, le grain d'amidon serait une vésicule qui croît à l'instar d'une cellule végétale et autour de laquelle se forment de nouvelles couches concentriques ; chaque couche a une végétation qui lui est propre ; elle peut s'épaissir et se diviser ensuite en plusieurs couches secondaires, qui elles-mêmes peuvent donner naissance à des couches de troisième ordre.

Suivant Nægeli, l'amidon se présente dans les plantes presque exclusivement sous la forme de grains simples. Ceux-ci peuvent rester tels ou devenir composés. Ces derniers sont formés de plusieurs grains partiels que ce savant appelle *grains de cassure*. Les grains composés proviennent, soit de la division d'un grain simple, ce sont les grains *composés vrais ;* soit de la réunion de plusieurs grains simples nés dans une même vésicule et accolés les uns aux autres par pression : ce sont les grains *composés faux*.

Il pense que la naissance de l'amidon peut être expliquée de deux manières : l'amidon est formé dans le liquide et se dépose à l'état insoluble lorsque la solution est à un certain degré de concentration, ou bien lorsqu'une substance organique en solution est transformée en amidon insoluble.

« Que l'on adopte l'une ou l'autre opinion, ajoute Nægeli,

on peut désigner le moment où le changement arrive, c'est-à-dire celui de la précipitation, comme le degré d'activité de la solution. Quand ce degré d'activité est atteint pour la première fois, il se sépare des formations solides comme dans la cristallisation. Une fois que ces formations ont commencé elles attirent la substance en dissolution. Deux cas peuvent alors se présenter : Ou la production de l'amidon dans le liquide est faible et alors il est absorbé par les grains existants à mesure qu'il se forme ; dans ce cas, on trouve dans les cellules des grains de même âge et de même grosseur, ou seulement un gros grain dans chaque cellule. Ou bien la production de l'amidon, dépassant la quantité nécessaire à la nutrition des grains qui existaient déjà, — la solution atteint son plus haut degré d'activité, et donne lieu à un nouveau dépôt de petits grains. Cette production de nouveaux grains peut se répéter périodiquement ou continuellement. Cependant, l'inégalité de l'accroissement efface aisément les différences de la dimension originelle.

« Quand la dissolution présente les conditions favorables à la formation de l'amidon solide, les atomes se réunissent, se placent à côté les uns des autres, et forment une molécule ou un groupe de molécules qui se déposent autour de la première. Ce dépôt est favorisé par les courants qui se produisent dans toutes les directions du liquide et qui favorisent la réunion des atomes. Il résulte de ce dépôt successif de molécules un corps poreux qui est pénétré par la solution. Celle-ci, introduite par les courants du liquide, qui augmentent peu à peu avec la dimension des grains, apporte de la substance amylacée et de l'eau pour l'accroissement des particules existantes et la formation de nouvelles molécules... »

Il ressort de l'exposé de Nægeli que la substance du grain d'amidon augmente de densité du centre vers la périphérie, et que sa teneur en eau va en augmentant de la périphérie vers le centre, c'est-à-dire que le grain d'amidon se compose d'une

couche épaisse extérieure renfermant peu d'eau ; cette couche est suivie d'une autre plus aqueuse, puis vient de nouveau une couche moins aqueuse, etc., jusqu'à ce qu'enfin on ne trouve plus au centre qu'un noyau sans consistance. Il y a donc succession constante de couches aqueuses et de couches moins aqueuses dans le grain d'amidon.

D'après Guerin-Warry, chaque grain d'amidon se composerait de trois substances différentes : 1° d'une partie soluble dans l'eau froide qu'il appelle *amidine ;* 2° d'une partie insoluble dans l'eau froide ou bouillante, l'*amidin tégumentaire* et 3° d'une partie qui est tenue en dissolution par l'amidine, partie qui est identique avec l'amidin tégumentaire et qui est l'*amidin soluble.*

Guibourt conclut de diverses observations que les téguments et la substance soluble de l'amidon diffèrent plus par leur forme que par leur nature chimique, et qu'ils constituent un principe immédiat des végétaux.

D'après une opinion généralement admise, les grains d'amidon se composent de deux substances : l'une, appelée *granulose,* qui est dissoute par la salive à une température variant entre 45 et 55 degrés, suivant la provenance du grain ; l'autre, nommée *cellulose*, qui résiste à l'action de ce dissolvant.

On remarquera que ce dernier nom est celui sous lequel on désigne d'ordinaire la matière constitutive des végétaux ; aussi a-t-on adopté pour la deuxième substance le nom d'*amylose* qui évite toute confusion.

En dehors de la granulose et de l'amylose on trouve encore dans le grain de fécule, à sa partie externe, une matière albuminoïde, azotée, encore peu étudiée, qui provient vraisemblablement de la chlorophylle. M. Jacquelin l'évalue à 20 0/0.

D'après une théorie généralement admise aujourd'hui, le processus de la formation de l'amidon est le suivant : La plante absorbe de l'eau par ses racines et la charrie de cellule en cellule de manière à en alimenter tous les organes. L'acide

carbonique pénètre dans la plante par les organes de la respiration des feuilles et se rend dans les canaux qui les sillonnent; il se dissout dans l'eau et en cet état il pénètre dans les cellules.

Sous l'influence des rayons actifs de la lumière, l'eau chargée d'acide carbonique se décompose en hydrogène et oxygène, l'acide carbonique en oxygène et oxyde de carbone CO.

Mais, toujours sous l'influence de la lumière, les atomes d'hydrogène H^2 mis en liberté et l'oxyde de carbone CO ne tardent pas à se combiner pour former un composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène dont les proportions sont représentées par la formule CH^2O. Ce composé a été reproduit synthétiquement depuis quelque temps; c'est le formaldéhyde ou formaline dont on connaît les propriétés antiseptiques.

Cependant la production de formaldéhyde n'a pas absorbé tout l'oxygène contenu dans l'eau et l'acide carbonique, ainsi que le montre l'équation suivante :

$$CO^2 + H^2O = CH^2O + O^2$$

Acide carbonique + eau = Formaldéhyde + oxygène.

Ce reste d'oxygène, la plante le rejette dans l'atmosphère par la respiration et devient ainsi l'instrument de la Providence pour l'entretien de la vie dans la nature; d'abord en produisant avec l'acide carbonique et l'eau de la substance organique destinée à l'alimentation des animaux supérieurs, ensuite en maintenant la composition de l'air (acide carbonique et oxygène) dans l'état d'équilibre nécessaire à la respiration des êtres vivants.

Or, en examinant la formule du formaldéhyde CH^2O, on remarque qu'elle représente un sixième des atomes contenus dans les hexoses et dans les mêmes proportions que dans ces dernières. Par suite, il suffit de condenser six molécules de formaldéhyde pour obtenir une molécule de glucose, soit

$$6\,CH^2O = C^6H^{12}O^6$$
Formaldéhyde = Glucose

Et comme la glucose ne diffère de l'amidon que par une molécule d'eau, il suffit que cette molécule se sépare de la glucose pour transformer celle-ci en amidon

$$C^6H^{12}O^6 = C^6H^{10}O^5 + H^2O$$
Glucose = Amidon + Eau

IV. — Propriétés de l'amidon

Au point de vue chimique, l'amidon est un hydrate de carbone, c'est-à-dire un composé d'eau et de carbone ; sa formule est $C^6H^{10}O^5$.

L'amidon est inaltérable à l'air lorsqu'il est convenablement séché ; il est isomérique avec la cellulose, la dextrine, la gomme, l'inuline et la lichenine.

Propriétés hygrométriques. — L'amidon séché à l'air libre contient toujours de l'eau en quantité variable suivant le degré d'humidité de l'air. Par une dessiccation à 110-120° on l'obtient à l'état absolument anhydre.

En cet état, il est très hygrométrique et absorbe rapidement 10 0/0 de son poids d'eau ; avec le temps, il en absorbe jusqu'à 18-20 0/0 sans paraître humide ; exposé à l'air humide il finit par absorber jusqu'à 35,5 0/0 d'eau, de sorte qu'en cet état 100 grammes d'amidon ne représentent plus en réalité que 65,5 0/0 d'amidon anhydre. La quantité d'eau absorbée par l'amidon à l'air libre dépend en premier lieu du degré d'humidité de ce dernier. C'est ainsi que, d'après les recherches de Nossian, des échantillons d'amidon abandonnés d'abord à des températures variant entre 17 à 20° C. à l'air

libre dont le degré d'humidité était de 73 0/0, et ensuite à une atmosphère absolument saturée d'humidité, ont absorbé :

	Humidité relative de l'air	
	73 %	100 %
	Eau absorbée	
Amidon de froment.	6,94 %	18,92
— de seigle.	10,01 »	19,36
— de pommes de terre.	10,33 »	20,92
— de maïs	10,53 »	19,55
— de sarrazin.	10,85 »	20,02
— de riz.	10,89 »	19,84
— de glands	11,96 »	22,98

Si l'on fait abstraction du chiffre 6,94 trouvé pour l'amidon de froment, on voit que le pouvoir hygrométrique des différentes sortes d'amidon n'accuse pas de grandes différences, mais qu'au contraire les sortes absolument différentes, comme l'amidon de maïs et la fécule de pommes de terre, se comportent sous ce rapport d'une manière identique.

Action de l'eau. — Comme nous l'avons fait observer, l'amidon est insoluble dans l'eau froide ; si l'on délaye de l'amidon dans l'eau froide, on obtient un liquide laiteux duquel l'amidon se précipite sous forme d'une poudre blanche dès que la solution est abandonnée au repos.

Si l'on délaye de l'amidon dans 12 ou 15 fois son poids d'eau, on peut le chauffer jusqu'à un certain point sans qu'il se modifie sensiblement, les grains les plus petits seuls commencent à gonfler ; à une certaine température tous les grains gonflent et augmentent d'autant plus en volume que la température est plus élevée ; après un chauffage tant soit peu prolongé l'amidon forme avec l'eau un liquide épais ; à 100° il est transformé en une masse gélatineuse appelée *empois*. Cette transformation ne s'opère pas à la même température pour les différentes sortes d'amidon, comme l'a démontré

Lippmann et plus récemment Lintner. Ces savants ont fait, chacun de leur côté, une série d'expériences en chauffant de l'amidon additionné d'eau et observant au microscope les modifications intervenues à de faibles intervalles de température ; ils ont pu noter ainsi les températures exactes auxquelles s'opèrent le gonflement, le commencement et l'achèvement de l'empois pour les différentes sortes d'amidon. Voici les températures trouvées par Lippmann :

Désignation	Gonflement nettement prononcé	Formation de l'empois	Achèvement de l'empois
Amidon de seigle	45° C.	50° C.	55° C.
— de maïs	50	55	62,5
— de marrons	52,5	56,25	58,75
— d'orge	37,5	57,5	62,5
— de châtaignes	52,5	58,75	62,5
Fécule de pommes de terre	46,25	58,75	62.5
Amidon de riz	53,75	58,75	61,25
Arrow-root d'*Arum maculatum*	50 »	58,75	62,5
Tapioca		62,5	68,75
Amidon d'*Arum esculentum*	45 »	63,75	68,75
— de froment	50 »	65 »	67 »
Arrow-rott de *Maranta arundinacea*	66,25	66,25	70 »
Sagou		66,25	70 »
Amidon de sarrazin	55 »	68,75	71,20
— de glands	57,5	77,50	87,55

Les grains d'amidon du sagou et du tapioca sont déjà partiellement convertis en empois dans les manipulations qu'on leur fait subir ; ils ne gonflent donc pas sensiblement lorsqu'on les traite avec de l'eau pure. Avec l'amidon de Maranta la température à laquelle les grains se gonflent coïncide avec celle où ils se transforment en empois.

En se desséchant, l'empois d'amidon forme une masse cornée. C'est sur ce fait qu'est basé l'empesage du linge, sur

lequel. l'amidon réduit en empois se fixe sous forme d'une couche brillante. Les différentes sortes d'amidon n'ont pas toutes le même pouvoir glaçant. D'après les recherches de Wiesner, c'est l'amidon de maïs qui possède le pouvoir glaçant le plus élevé, puis viennent par ordre de décroissance l'amidon de froment, la fécule de pommes de terre. Wiesner a observé encore que l'amidon de maïs et la fécule de pommes de terre produisent un glaçage plus uniforme que l'amidon de froment ; il attribue ce fait à ce que les grains de l'amidon de froment, étant de grosseur différente, ne se divisent vraisemblablement pas d'une manière uniforme dans l'empois, inconvénient qui ne se produit pas avec l'amidon de maïs et la fécule de pommes de terre dont les grains présentent plus d'uniformité.

Si l'on chauffe une partie d'amidon dans 100 parties d'eau, l'amidon semble s'y dissoudre complètement, car le liquide reste parfaitement transparent et passe par les filtres les plus fins sans y abandonner de résidu (1). On arrive au même résultat en triturant de l'amidon avec du sable ou du verre en poudre de manière a déchirer complètement les grains, et en les arrosant ensuite d'eau froide. Les savants se demandent si l'amidon ainsi traité entre réellement en dissolution ou si les grains de fécule peuvent être réduits presqu'à l'infini de façon à se soustraire à l'œil nu. Si l'on soumet à la congélation un liquide de ce genre, l'amidon se précipite de nouveau à l'état insoluble après le dégel ; en répétant plusieurs fois la même opération on peut récupérer tout l'amidon. Ces faits semblent en contradiction avec l'hypothèse que l'empois constitue réellement une dissolution de l'amidon dans l'eau.

(1) Différents noms ont été donnés à cette modification de l'amidon : *fécule soluble* (Guibourt), *gomme* (Raspail), *amidin* (Saussure), *amidon modifié* (Caventou), *amidin* et *amidin soluble* (Guérin-Varry), *amylogène* (Delpfs). Cette dissolution est limpide, précipitée par l'alcool et bleuie par l'iode.

En traitant l'empois avec de l'alcool ou avec de l'acide tannique, on arrive à précipiter de l'amidon en flocons ; enfin, en traitant avec de l'alcool le précipité obtenu par l'acide tannique, on en élimine tout l'acide et il ne reste que de l'amidon désagrégé.

Action des alcalis et des sels. — Sous l'action des solutions alcalines l'amidon se gonfle et se transforme en empois, même sans chauffage. Si on arrose des grains d'amidon avec une solution d'hydrate de soude de 1,5 à 2 0/0, ils se gonflent et acquièrent jusqu'à 75 fois leur volume. Le pouvoir absorbant de l'amidon pour les solutions alcalines semble être augmenté considérablement par la dessiccation, car si l'on arrose de l'amidon séché dans le vide avec une solution de soude de 1 0/0 seulement, il gonfle tellement que les couches des grains se déchirent et que la substance qu'elles renferment se répand dans tout le liquide.

Dans une solution d'iodure ou de bromure de potassium, les grains d'amidon gonflent aussi considérablement ; si l'on y ajoute ensuite de l'eau, ils se dissolvent et il ne reste que de la cellulose non dissoute ; la solution précipite de l'iode et de l'iodure d'amidon.

Action de l'iode et du brome. — L'iode agit sur l'amidon d'une manière très caractéristique ; il lui donne une coloration bleu foncé tellement intense qu'on se sert de l'iode pour reconnaître la présence de l'amidon et réciproquement, même lorsque ces deux substances n'existent qu'à l'état de traces. Un liquide contenant de l'empois et de 1/396.000^e à 1/660.000^e d'iodure de potassium bleuit encore à 0° lorsqu'on ajoute de l'acide sulfurique renfermant de l'acide hypoazotique ; à la température de 13° la réaction est à peine sensible avec 1/330.000^e d'iode, à 20° elle se produit avec 1/264.000^e d'iode, à 30° avec 1/332.000^e d'iode.

Toute élévation de température influe donc sur la sensibilité de la réaction. Celle-ci disparaît complètement dans les

liquides d'une température élevée. Si l'on ajoute à l'amidon une solution faible d'iode, la coloration bleue se produit également, mais elle est tellement superficielle que les grains d'amidon paraissent transparents sous le microscope; si on augmente la quantité d'iode, la coloration devient plus intense et les grains d'amidon paraissent complètement noirs.

L'iodure d'amidon — c'est ainsi qu'on appelle l'amidon bleui par l'iode — est considéré par les uns comme de l'amidon dont les couches sont imprégnées mécaniquement d'iode; par les autres, comme une combinaison définie. L'ébullition fait disparaître la coloration, mais celle-ci reparaît, quoique plus faible, à mesure que le liquide se refroidit; on peut provoquer ainsi à plusieurs reprises la disparition et la réapparition de la coloration dans une même solution, jusqu'à ce que finalement tout l'iode soit volatilisé ou transformé. Des phénomènes analogues se produisent lorsqu'on filtre la masse bleue et qu'on la dessèche; si on la chauffe jusqu'à 100°, la coloration disparaît, mais si on la refroidit, elle reparaît, supposé toutefois que tout l'iode n'ait pas été évaporé. Cependant, si l'on chauffe pendant un certain temps dans le vide de l'amidon sec ou de l'iodure d'amidon en suspension dans l'eau, la masse ne se recolore plus en se refroidissant; la couleur ne réapparaît que si on ajoute à la masse un oxydant, de l'acide azotique fumant ou une dissolution de nitrate de potasse dans de l'acide sulfurique. Un chauffage prolongé amène la décomposition partielle de l'amidon et la formation d'iodures, qui sont décomposés par les oxydants, l'iode étant mis en liberté.

L'alcool absolu enlève l'iode à l'iodure d'amidon; celui-ci est également décomposé par la potasse, le sulfure d'hydrogène, l'acide sulfureux, le chlore, l'acide azotique. L'amidon anhydre n'est pas coloré en bleu par l'iode dans l'alcool absolu, mais si l'on ajoute au mélange de l'eau pour le diluer, la coloration se produit immédiatement.

Toutes les matières réductrices empêchent la coloration bleue de se produire, l'iode étant oxydé ; mais elle se montre dès qu'on ajoute de l'iode en quantité supérieure à celle nécessaire à l'oxydation. Les matières réductrices font disparaître de même la coloration bleue de l'iodure d'amidon déjà formé. Un liquide renfermant de la glucose en même temps que de l'amidon, comme les moûts de farineux partiellement fermentés, est d'abord coloré en bleu par l'addition de la solution iodée, mais peu de temps après la coloration disparaît, l'iode agissant sur la glucose et se transformant en iodure d'hydrogène. La lumière solaire agit d'une manière analogue ; si on expose de l'iodure d'amidon dilué dans l'eau, il ne tarde pas à se décolorer. Plusieurs sels qui n'ont aucune action sur l'iode ont la propriété de retarder la formation de l'iodure d'amidon, et dès qu'ils sont en excès, de rendre moins sensibles les réactions qui se produisent habituellement. Parmi ces sels il faut ranger l'iodure de potassium, les sulfates de potasse, d'ammoniaque, de magnésie, etc., ainsi que l'iodure d'hydrogène.

Il arrive souvent qu'en présence de ces combinaisons l'amidon n'est plus coloré en bleu par l'iode, mais prend une coloration violette ou rougeâtre.

Le brome colore l'amidon en jaune intense.

Transformation de l'amidon en amidon soluble ou amiduline. — Soumis à une ébullition prolongée avec de l'eau, l'amidon se transforme en une modification isomère, caractéristique par sa solubilité dans l'eau. Cette forme de l'amidon est désignée sous le nom d'*amidon soluble* ou d'*amiduline.* On le précipite de sa solution par l'alcool, sous forme d'une poudre blanche, soluble dans l'eau froide après dessiccation. La solution est colorée en bleu par l'iode. Ce corps a été d'abord désigné comme étant de la dextrine par Biot, tandis qu'en réalité c'est un corps différent. Il constitue le produit intermédiaire entre l'amidon et la dextrine. Lorsqu'on fait

agir sur l'amidon du chlorure de zinc, des acides dilués, des alcalis ou de la diastase il se transforme également en amidon soluble : on met l'amidon en contact pendant 24 heures avec un mélange composé de 2/3 d'acide azotique ordinaire et de 1/3 d'acide azotique fumant, on ajoute au mélange de l'alcool et lave à l'alcool le précipité d'amidon soluble obtenu afin de le débarrasser de l'acide qui s'y trouve mélangé. On peut aussi faire agir sur l'empois des acides dilués ou de la diastase jusqu'à ce que le liquide ne soit plus coloré en bleu par l'iode, mais en violet, éliminer l'acide par du carbonate de baryte, ou interrompre l'action de la diastase par l'ébullition du liquide et séparer de ce dernier l'amidon soluble par l'alcool. Mais le produit obtenu à l'aide d'acide sulfurique dilué ou de diastase est toujours mélangé de dextrine également insoluble dans l'alcool.

Le produit précipité de sa solution par l'alcool constitue une poudre blanche, amorphe, facilement soluble dans l'eau, mais insoluble dans l'alcool. La solution aqueuse est dextrogyre. L'iode la colore en bleu sans produire de précipité.

Depuis quelques années, on a pris un grand nombre de brevets pour des procédés spéciaux de fabrication de l'amidon soluble ; on en trouvera la description dans notre ouvrage *Fabrication de la glucose, de la dextrine et de l'amidon soluble.* Paris, 1906.

Action de la chaleur en présence d'acides dilués et de la diastase. — Si l'on chauffe de l'amidon à 100° avec de l'acide sulfurique très dilué, il se transforme d'abord en amidon soluble, puis en différentes modifications de la dextrine et finalement en glucose.

Cette dernière transformation n'est complète qu'après une ébullition prolongée ; elle met d'autant plus de temps à se produire que l'acide est plus dilué, elle est plus rapide si l'acide est concentré ou si on chauffe dans le vide à une température supérieure à celle de l'ébullition. Il se transforme d'abord en

amidon soluble, coloré en bleu par l'iode; après une cuisson prolongée la solution renferme une modification de la dextrine appelée érythrodextrine que l'iode colore en rouge vineux; après une nouvelle prolongation de la cuisson, la coloration rouge elle-même ne se produit plus, et en traitant avec l'alcool on obtient un précipité qui est de l'achroo-dextrine ; finalement l'addition d'alcool ne produit plus de précipité, la solution ne renferme plus alors que de la glucose.

L'amidon donne naissance aux mêmes produits, mais beaucoup plus rapidement, si on chauffe le mélange d'acide sulfurique et d'amidon à 115° C.

Si l'on met de l'amidon en digestion avec une solution d'eau et de diastase à une température de 60°-65 C., l'amidon se comporte de la même manière que si on le traite avec les acides dilués : il se forme d'abord de l'amidon soluble, puis de la dextrine et enfin de la *maltose*.

Dès l'année 1847, Dubrunfaut avait observé que sous l'influence de la diastase du malt l'amidon se transformait en un sucre dont les propriétés différaient de celles de la glucose. Ce sucre, découvert par Dubrunfaut et désigné sous le nom de *maltose*, était presque complètement oublié, et la saccharification de l'amidon par le malt considéré simplement comme une transformation de l'amidon en dextrine et glucose.

En 1874, O'Sullivan confirma la découverte de Dubrunfaut ; il prouva en même temps que sous l'influence de la diastase du malt, l'amidon ne se transformait pas en glucose, mais en maltose.

La transformation de l'amidon par la diastase est donc absolument différente de celle par les acides. Il résulte en effet de ce qui précède que, contrairement à ce qu'on avait admis d'abord, les deux procédés diffèrent complètement par leurs résultats.

Par l'ébullition avec l'acide sulfurique l'amidon se transforme en glucose; par la digestion avec la diastase il ne se

forme pas trace de glucose, mais de la dextrine et de la maltose dans des proportions nettement définies. Ce mélange de dextrine et de maltose peut être transformé complètement en glucose par l'ébullition avec l'acide sulfurique.

Ces transformations ont été, surtout dans ces derniers temps, l'objet de nombreuses controverses scientifiques sur lesquelles il serait trop long de nous étendre.

Malgré toutes les recherches qu'on a faites, la nature de la diastase du malt est encore assez peu connue, son mode d'action cependant a été beaucoup étudié; on a reconnu qu'une très faible quantité de diastase suffit pour transformer une quantité considérable d'amidon, que son action s'exerce le mieux à certaines températures déterminées au delà desquelles elle est détruite (1).

Action des acides concentrés. — Comme nous venons de le voir, les acides dilués transforment l'amidon en amidon soluble, en dextrine et en glucose. Les acides concentrés agissent d'une manière toute différente.

Les acides organiques, tels que l'acide acétique, l'acide stéarique, etc., chauffés à 150°-200° C., forment avec l'amidon des combinaisons qui doivent vraisemblablement être considérées comme des dérivés de la glucose.

Chauffé avec l'acide acétique anhydre, l'amidon donne naissance à deux combinaisons analogues aux glucosides, dont l'une est insoluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool et l'acide acétique, l'autre soluble dans l'eau et dans l'alcool.

La solution de l'amidon est précipitée par l'acide tannique, le précipité est soluble dans l'eau bouillante, mais il se scinde de nouveau en acide tannique et en amidon après une ébullition prolongée.

Lorsqu'on ajoute de l'amidon à de l'acide sulfurique con-

(1) Voir notre *Traité de la Distillation des produits agricoles et industriels*, Paris, 1889.

centré, il se forme de l'acide sulfo-amylique dont la composition est encore assez peu connue. L'acide libre est amorphe, déliquescent et se transforme facilement en acide sulfurique, dextrine et sucre lorsqu'on le chauffe en solution aqueuse.

V. — Conformation physique des grains d'amidon de différentes provenances

Fécule de pommes de terre. — Les grains de fécule de pommes de terre (fig. 1) ont un diamètre qui peut mesurer jusqu'à 155 millièmes de millimètres ; ils sont pyriformes, étranglés, gibbeux, non aplatis, portant en un point de leur sommet un hile entouré de stries irrégulièrement concentriques. En faisant intervenir la lumière polarisée dans l'examen au microscope, on y remarque une belle croix noire très apparente, même sous l'influence d'un puissant éclairage.

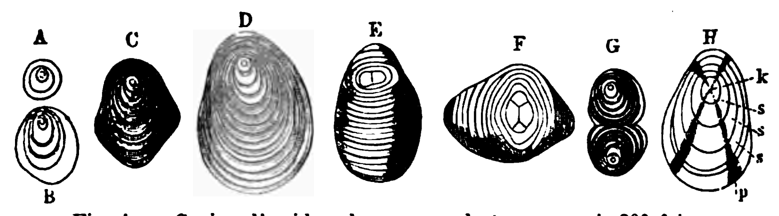


Fig. 1. — Grains d'amidon de pommes de terre grossis 300 fois.
A. Jeune grain imparfaitement développé ; B. D. Grains ayant atteint leur complet développement ; E. F. Grains imparfaitement composés ; G. Grain composé ; H. Grain de fécule vu à la lumière polarisée (*k*, noyau ; *s,s,s*, couches du grain ; *p*, croix de polarisation.

La fécule de pommes de terre se distingue en outre des autres par son apparence nacrée, par le cri qu'elle fait entendre lorsqu'on la presse entre les mains.

Chauffée peu à peu à 160°-210°, elle se transforme en une matière jaunâtre, soluble dans l'eau qu'on appelle *amidon*

grillé, amidon torréfié, leïocome ou leiogomme; c'est de la fécule désagrégée. En portant brusquement la fécule à la même température on la convertit en dextrine.

La fécule de pommes de terre donne, par l'incinération, 1,4 0/0 de cendres très fines, denses, mobiles et sèches (Louyet).

Amidon de blé. — L'amidon de blé se compose de grains de trois formes différentes : on y distingue des gros grains lenticulaires, des petits grains sphériques ou polyédriques, et enfin des grains composés de 2 à 25 granules partiels. Ces derniers se trouvent rarement dans l'amidon du commerce, car ils se désagrègent dans le cours des opérations de l'amidonnerie. Ces trois formes sont représentées par la figure 2 ; les grains A sont grossis 300 fois, les grains B 800 fois ; *a* sont les gros grains lenticulaires, *a'* les mêmes grains traités par l'acide chromique, *b* les petits grains composés.

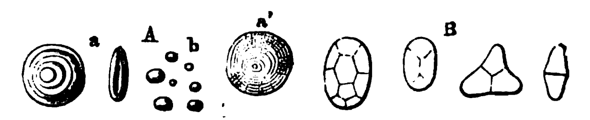


Fig. 2. — Grains d'amidon de froment.
A. Grains grossis 300 fois ; B. Grains grossis 800 fois.

La forme des *gros grains* est presque toujours lenticulaire ; cependant on trouve assez souvent des grains qui font exception à cette règle.

Il est le plus souvent impossible de distinguer le mode de stratification dans les grains d'amidon à l'état normal ; elle n'apparaît que dans les grains traités à l'acide chromique additionné d'un peu d'acide sulfurique ; les couches se montrent alors traversées par de nombreuses fentes radiales.

Les petits grains sont le plus souvent, comme les précédents, des grains simples ; leur forme est sphéroïdale, souvent

aplatie et polyédrique, parfois irrégulière. Il est impossible d'y distinguer des couches, même lorsqu'ils sont traités par l'acide chromique.

Les *grains composés* sont, comme nous le disions plus haut, des agglomérations de 2 à 25 grains, qui se désagrègent avec une grande facilité; les granules partiels provenant de ces agglomérations ont les mêmes dimensions que les petits grains simples. Les grains composés sont en proportion relativement faible.

L'amidon de blé, soumis à une ébullition dans l'eau, laisse un très faible résidu de flocons légers et irréguliers.

Amidon de riz. — L'amidon de riz se présente à l'œil sous forme d'une poudre uniforme dans laquelle on ne distingue pas les grains, même à l'aide d'une loupe. Au microscope, ces grains apparaissent constitués par la réunion de 2 à 100 granules partiels. La figure 3 les montre grossis 300 fois ; ils sont ovoïdes, avec un diamètre de 0,018 à 0,036 millimètres, le plus souvent 0,022 millimètres. Les petits grains sont polyédriques, de forme pentagonale ou hexagonale. Le noyau présente une cavité polygonale ayant souvent la forme d'un astérisque.

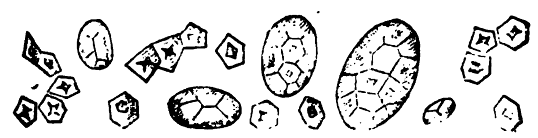


Fig. 3. — Grains d'amidon de riz grossis 300 fois.

L'amidon du commerce ne renferme généralement pas de grains composés.

L'amidon de riz laisse un léger résidu après une ébullition prolongée.

Amidon de seigle. — L'amidon de seigle se présente sous forme de granules arrondis, lenticulaires, de grosseur très variable et dont les plus forts atteignent ou dépassent un peu

les dimensions des plus gros granules d'amidon de blé. Ils portent le plus souvent sur une de leurs surfaces un hile crucial ou à trois branches.

Il est très difficile de distinguer cet amidon de celui de froment ; ce n'est que par de nombreux grossissements qu'on arrive à établir une distinction, car les dimensions extrêmes varient considérablement, ainsi qu'on le voit par les chiffres comparatifs suivants :

	Dimensions extrêmes	Dimensions qu'on observe le plus souvent
Froment ;		
Gros grains	0,014 à 0,041 m/m	0,019 à 0,029 m/m
Petits grains	0,0018 à 0,0082	0,0058 à 0,0072
Seigle :		
Gros grains	0,014 à 0,047 m/m	0,036 m/m
Petits grains	0,0022 à 0,0090	0,0063

L'amidon de seigle, traité par l'eau bouillante, laisse un résidu bien plus considérable que celui du blé. Ses débris ont la forme d'un fer à cheval ou sont disposés assez régulièrement autour d'un centre commun.



Fig. 4. — Grains d'amidon de maïs. *a a.* Grains extraits du noyaux farineux. *b b.* Grains extraits de la partie cornée.

Amidon de maïs. — Les granules sont polyédriques, réguliers, à face hexagonale, ayant au centre un hile étoilé (fig. 4), d'un diamètre de 0,0132 à 0,0122 millimètres ; leur longueur varie de 5 à 30 millièmes de millimètres. La grosseur des grains varie, du reste, suivant les variétés de maïs. Wiesner a trouvé les dimensions suivantes :

Maïs jaune de Hongrie :	Dimensions extrêmes	Dimensions les plus fréquentes
Partie farineuse	0,0110 à 0,0231 m/m	0,019 m/m
— cornée	0,0147 à 0,0252	0,020

Maïs jaune de la Nouvelle-Galles du Sud :		
Partie farineuse	0,0117 à 0,0210 m/m	0,017 m/m
— cornée	0,0126 à 0,0159	0,015
Maïs dent de cheval :		
Partie farineuse	0,0105 à 0,0201 m/m	0,016 m/m
— cornée	8,0120 à 0,0240	0,018
Maïs violet de l'Amérique du Nord :		
Partie farineuse	0,0126 à 0,0250 m/m	0,018 m/m
— cornée	0,0084 à 0,0315	0,016
Maïs brun de l'Amérique du Nord :		
Partie farineuse	0,0126 à 0,0231 m/m	0,016 m/m
— cornée	0,0084 à 0,0210	0,016

Ces indications se rapportent aux grains de l'amidon du commerce; ces grains sont en grande partie simples; on trouve aussi dans la partie farineuse du maïs des grains composés de 2 à 11 grains.

Dans le tissu cellulaire frais, on trouve les grains d'amidon de maïs entourés d'un grand noyau qui est remplacé dans le grain sec par une croix noire obscure, dont les branches s'élargissent vers la circonférence, phénomène qui persiste même en présence d'un éclairage très vif, de laquelle partent le plus souvent des fissures radiales.

La figure 4 montre ces grains grossis 300 fois.

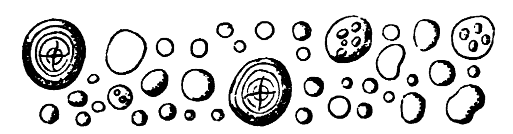


Fig. 5. — Grains d'amidon d'orge.
a a. Grains d'amidon du noyau farineux. *b b*. Grains d'amidon extraits de la partie cornée.

Grains d'amidon d'orge. — Ces grains sont en grande partie lenticulaires; leur noyau est arrondi ou muni de fentes

radiales (fig. 5). Lorsqu'ils sont bien développés, ils ont un diamètre de 0,0264 millimètres.

Les grains d'amidon du seigle ont une forme analogue, mais ils sont plus grands (0,0396 à 0,0528 millimètres).

Grains d'amidon d'avoine. — Les grains d'amidon de l'avoine se composent de grains simples et de grains composés (fig. 6). Ces derniers sont ovoïdes ou sphériques, et constituent des groupes composés de grains polygonaux ; ils ont un diamètre de 0,018 à 0,044 millimètres. Les grains qui les composent mesurent à peine 0,044 millimètres et n'accusent pas de cavité centrale. Les grains simples, de la grosseur des grains partiels, sont arrondis, ovoïdes ou globulaires.

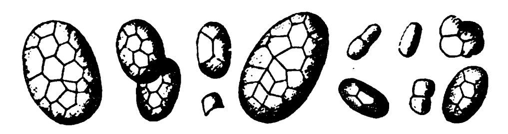


Fig. 6. — Grains d'amidon d'avoine grossis 300 fois.

La figure 7 nous montre un fragment de tissu cellulaire du grain d'avoine dans lequel est renfermé l'amidon.

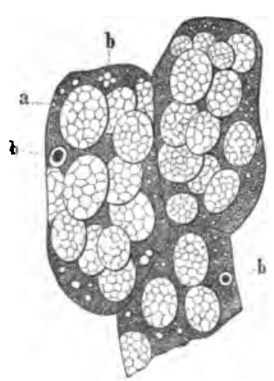


Fig. 7. — Fragment du tissu cellulaire du grain d'avoine renfermant l'amidon grossi 300 fois.

L'amidon des légumineuses se distingue de l'amidon de froment en ce qu'il est très sensible aux solutions alcalines, même les plus diluées ; il se gonfle rapidement et se détériore.

Il forme un empois de qualité supérieure : deux parties de cet amidon produisent le même empesage que trois parties d'amidon de froment ; en outre, l'amidon de légumineuses laisse aux étoffes une plus grande souplesse que l'amidon de froment.

Les grains d'amidon des légumineuses, amidon de haricots (fig. 8), de pois (fig. 9) et de lentilles (fig. 10) sont plus ou moins ovoïdes, arrondis, et munis d'une fente allongée à la place du noyau central. Leur diamètre est de 0,032 à 0,079. Les couches de ces grains sont concentriques avec *noyau* au centre, comme pour l'amidon des céréales.



Fig. 8. — Amidon de haricots grossi 300 fois.



Fig. 9. — Amidon de pois grossi 300 fois.

L'amidon de sarrazin (fig. 11) se compose de grains simples à angles légèrement arrondis, et en partie à angles aigus, d'un diamètre de 0,0132 à 0,022 millimètres. Ils sont munis d'un noyau central ou d'une cavité le plus souvent arrondie. On trouve aussi dans cet amidon des grains composés de deux ou plusieurs grains.

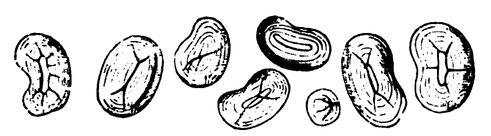


Fig. 10. — Grains d'amidon de lentilles grossis 300 fois.

L'amidon de millet, par contre, se compose de grains simples, de forme polygonale, assez uniformes, de 0,0044 à 0,0088 millimètres, munis d'une cavité centrale et sans stratification (fig. 12).

Fécule de topinambour. — En 1826, on avait importé des Antilles une sorte de fécule désignée comme fécule de topinambour ; mais en l'analysant on s'aperçut que la nature du produit ne correspondait pas à sa désignation.



Fig. 11. — Amidon de Sarrazin grossi 300 fois.

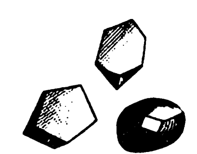


Fig. 12. — Amidon de Millet grossi 300 fois.

Le topinambour ne contient pas de fécule au sens propre du mot, mais une matière sucrée différente des autres sucres ; elle constitue une espèce nouvelle, à laquelle on a donné le nom d'*inuline*. Ce sucre est incristallisable ; il se présente sous forme d'une poudre blanche, inodore, sans saveur, soluble dans l'eau bouillante sans former d'empois, non colorée en bleu par l'iode, mais en jaune ou en jaune brun, et d'une manière transitoire. L'inuline peut être transformée en glucose comme la fécule.

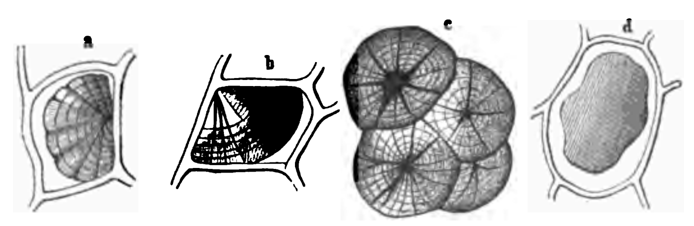


Fig. 13. — Mat. amylacée de topinambour grossie 300 fois.

a b. Cristaux d'inuline pris dans la moelle des rejetons de l'*Artemisia campestris*. — *c*, Cristaux d'inuline pris dans le tubercule du dahlia (*Dahlia variabilis*). — *d*. Inuline desséchée, prise dans une cellule de parenchyme du topinambour.

Inutile d'ajouter, d'après ce qui précède, que le topinambour ne se prête pas à l'extraction de la fécule.

Fécule de batate (fig. 14). — Les grains de fécule de batate sont simples ou composés, de grosseur très inégale ; on y trouve des grains de 0,022 à 0,0352 millimètres et des grains de 0,0132 à 0,0066 millimètres. Parmi les grains séparés des grains composés, on en trouve qui sont arrondis, presque globuleux, d'autres dont la forme ressemble à celle des pains de sucre, avec des angles à la base. Les gros grains montrent un noyau excentrique ou une fente radiale et des couches nettement excentriques.

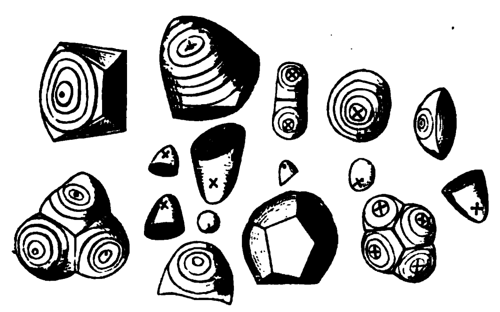


Fig. 14. — Grains de fécule de batate (*Batatas edulis*) grossis 300 fois.

Fécule d'arrow-root. — La fécule d'arrow-root (*Maranta arundinacea*) (fig. 15) se présente sous forme d'une poudre blanche très fine ; elle se compose de grains assez uniformes,



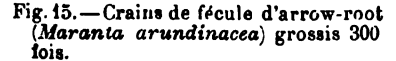


Fig. 15.—Grains de fécule d'arrow-root (*Maranta arundinacea*) grossis 300 fois.



Fig. 16. Grains de fécule d'arrow- (*Maranta nobilis*) grossis 300 fois. *a*. Grain de cassure.

le plus souvent elliptiques, de 0,022 à 0,060 millimètres de long, et montrent vers la base, rarement au centre, un petit

noyau légèrement arrondi ou simplement une fente transversale, et une stratification excentrique très apparente.

Les grains de fécule de *Maranta nobilis* (fig. 16) ont des angles un peu plus prononcés ; ils sont d'ailleurs assez uniformes ; de même ceux de *Maranta indica*.

Dans les Indes Occidentales on cultive beaucoup aussi le *Sechium edule*, à cause de sa richesse en fécule. L'arrow-root extrait de cette plante se compose de grains généralement composés (fig. 17). Parmi les grains partiels détachés des grains composés, on en trouve qui sont arrondis, d'autres de forme pentagonale ou hexagonale. Leur diamètre varie entre 0,012 et 0,020 millimètres ; on n'y distingue ni noyau, ni couches. Parfois cependant on remarque un petit noyau central, brillant.

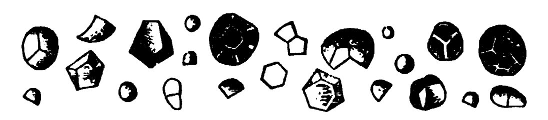


Fig. 17. — Grains de fécule du *Sechium edule* (*arrow-root*) grossis 300 fois.

Les grains de fécule de *Curcuma leucorhiza* et *Curcuma angustifolia* sont gros, aplatis, à profil elliptique. Peu de sortes d'amidon possèdent des grains aussi bien développés et une stratification aussi nette que la fécule de Curcuma (fig. 18 et 19). La plus grande largeur des grains égale environ les 2/3 de leur longueur.

La différence entre ces deux sortes de fécule consiste dans la différence de leurs dimensions. Le diamètre de Curcuma leucorhiza (fig. 18) est de 0,021 à 0,145 millimètres ; il est en moyenne de 0,105 millimètres. Les grains sont faciles à distinguer, même à l'œil nu. Leur épaisseur est de 0,007 à 0,013 millimètres.

Les grains de Curcuma angustifolia (fig. 19) atteignent une

longueur de 0,07 millimètres, 0,06 millimètres le plus souvent, et une épaisseur de 0,005 à 0,007 millimètres.

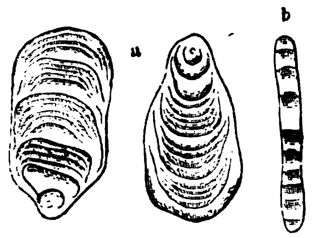


Fig. 18. — Grains de fécule du *Curcuma leucorhiza* (*arrow-root*) des Indes occidentales, grossis 300 fois.

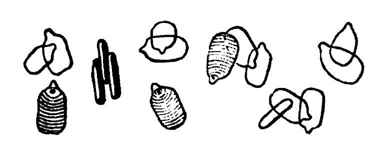


Fig. 19. — Grains de fécule de *Curcuma angustifolia* grossis 300 fois.

Dans les Indes Orientales, on extrait également de la fécule (arrow-root) du *Pachyrhizus angulatus Rich.* (*Dolichos bulbosus* L.), plante de la famille des papillonacées. L'arrow-root obtenu de cette plante se compose de grains en tout semblables à ceux de la fécule de batates, mais de grosseur très variable (0,008 à 0,012 millimètres, maximum 0,016 millimètres), et dans lesquels on ne distingue pas de couches (fig. 20). Sur quelques grains on perçoit un petit noyau rond, excentrique. Les grains partiels sont de forme polygonale et très irréguliers.



Fig. 20. — Grains d'amidon de *Pachyrizus angulatus* grossis 300 fois.

Arrow-root du Brésil. — L'arrow-root du Brésil forme, à l'état naturel, une poudre très fine, d'une blancheur mate, et se compose (fig. 21) de grains régulièrement composés de 2 à 8 grains. Vus de côté, ces grains apparaissent sous une forme

cônique peu prononcée, avec une cavité centrale, mais le plus souvent sans couches. Leur diamètre est de 0,008 à 0,022 millimètres.

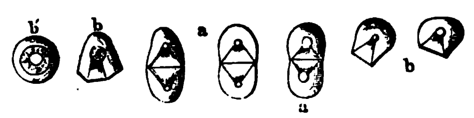


Fig. 21. — Grains de fécule du *Manihot utilissime* grossis 300 fois.

On extrait aussi un arrow-root d'une grande finesse des racines du *Sisyrinchium galaxioides*. de la famille des iridées. Les grains de cette fécule sont aplatis, irrégulièrement ovoïdes ou triangulaires, de grosseur très variable. Les petits grains mesurent de 0,02 à 0,032 millimètres, les gros de 0,048 à 0,056 millimètres de longueur. Le noyau est très excentrique; une particularité caractéristique de cette fécule est qu'elle renferme le plus souvent des cristaux prismatiques d'oxalate de chaux (*a* fig. 22).

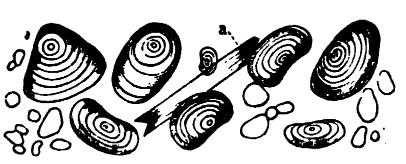


Fig. 22. — Grains de fécule du *Sisyrinchium galaxioides* (arrow-root de l'Amérique du sud) grossi 300 fois.

Citons encore l'arrow-root extrait de *Pachira* ou *Carolinea aquatica* et connu dans le commerce sous le nom de *Châtaigne de la Guinée* (fig. 23).



Fig. 23. — Grains de fécule du *Pachira aquatica* grossis de 300 fois.

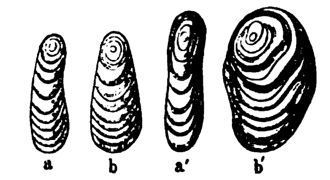


Fig. 24. — Grains de fécule de banane (*Musa paradisiaca*) grossi 300 fois.

La fécule de banane (fig. 24) forme une poudre blanche,

brillante, composée de grains allongés, ellipsoïdaux, ovoïdes ou cylindriques, d'une longueur de 0,044 à 0,075 millimètres. Le petit noyau est fortement excentrique, les couches sont très nombreuses.

L'arrow-root de *Dioscorea alata* (Igname) èst blanc et brillant. Il se compose (fig. 25) de grains ovoïdes, aplatis à la base et munis au sommet d'un noyau brillant très excentrique. Ces grains mesurent 0,014 à 0,082 millimètres de longueur, le plus souvent de 0,031 à 0,045 millimètres ; leur largeur est généralement 1/2 ou 2/3 de la longueur. Le noyau et les couches se montrent clairement lorsqu'on trempe les grains dans l'eau, et mieux encore dans une solution d'acide chromique.

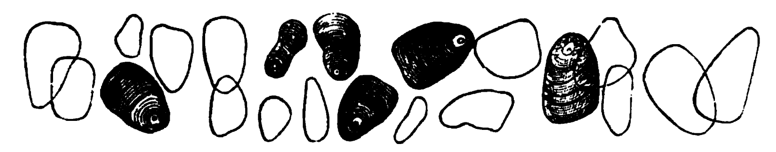


Fig. 25. — Arrow-root de *Dioscorea alata* (Igname) grossis 300 fois.

A Madagascar on extrait la fécule (arrow-root) de *Canna indica* (fig. 26). Les grains de cette fécule sont longs de 0,101 à 0,132 millimètres, ovoïdes, aplatis, terminés à l'extrémité la plus grosse par un renflement obtus. C'est à cette extrémité et vers le bord qu'on distingue le noyau sous forme d'un point brillant ; les couches sont nombreuses et nettement distinctes.

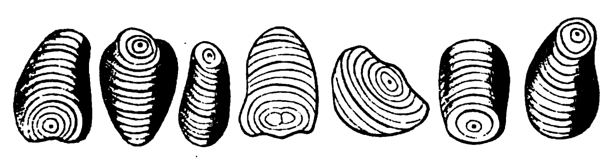


Fig. 26. — Grains de fécule de *Canna indica* grossis 300 fois.

Sagou. — Le sagou est une fécule qui se présente sous forme de grains arrondis ; elle est extraite de la moelle de

différentes espèces de palmiers et de deux cycadées, les *Cycas circinalis* et *revoluta*.

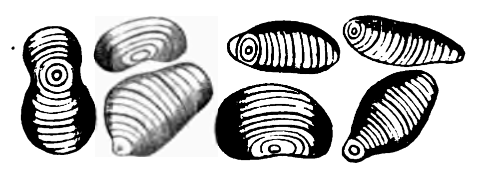


Fig. 27. — Grains de fécule de *Canna edulis* (arrow-root) de Port Natal grossis 300 fois.

Le sagou a la forme de sphéroïdes plus ou moins gros, plus ou moins réguliers, blanchâtres, rosés ou brunâtres, très durs, élastiques, demi-transparents, difficiles à écraser sous la dent ou à pulvériser, sans odeur, d'une saveur fade et douceâtre.



Fig. 28.— Grains de fécule de *Castanospermum Australe.* grossis 300 fois.

Le sagou est insoluble dans l'eau froide ; il se ramollit et se gonfle dans l'eau bouillante où il devient transparent sans perdre sa forme.

Dans le commerce on connait deux sortes de sagou : le sagou rouge et le sagou blanc. Le premier, qui est le plus estimé, ne doit cette teinte rougeâtre qu'à un commencement de torréfaction qu'on lui a fait subir.

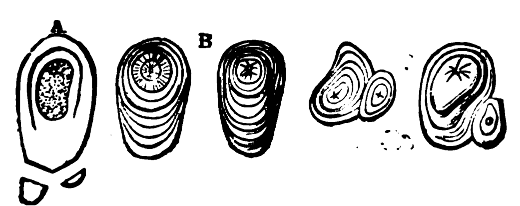


Fig. 29. — Grains de Sagou grossis 300 fois. A *Sagus Rumphis* ; B *Sagus Borassus flabelliformis*.

Les granules de sagou portent souvent à la place d'un hile déchiré une espèce d'ostiole circulaire.



Fig. 30. — Grains de fécule de Sagou des Indes Orientales, partiellement gonflés.

TABLE DE LA GROSSEUR MOYENNE DES GRAINS DE FÉCULE

Grains de fécule de pommes de terre, grosseur moyenne. . .	0 m/m	100
Grains de fécule de pommes de terre, gros grains	0	140
— — grosseur maxima . . .	0	185
Amidon de froment, grosseur moyenne	0	035
— — — maxima	0	040
— de maïs, grosseur moyenne	0	020
— — — maxima	0	030
— de riz.	0	006
— de seigle.	0	039
— de l'orge.	0	025
— de l'avoine	0	031
— du millet.	0	009
— du sarrazin.	0	009
— de lentilles.	0	033
— de haricots ordinaires.	0	039
— de fèves de marais	0	075
— de pois	0	057
Fécule de sagou	0	066
— de cassave (arrow-root du Brésil)	0	022
— de Maranta (— des Indes occidentales) . . .	0	060
— de Tapioca	0	028
— de Curcuma	0	060
— de Canna	0	032
— de Bananes	0	075
— de Yams (racines)	0	070
— de Batates.	0	035
— de Sisyrinchium	0	056
— de Pachyrhizus	0	016
— de Sechium	0	017
— de Castanosperme.	0	017

VI. — Teneur en amidon des différentes plantes

Pour la fabrication de l'amidon on n'emploie que les substances qui le renferment en proportions importantes et qu'on peut se procurer facilement en grande quantité ; si l'on ne veut pas spécialement fabriquer de l'amidon d'une sorte déterminée, on aura toujours avantage à donner la préférence à la plante qui en produit le plus à l'hectare. Parmi les produits employés pour l'extraction de l'amidon, les plus importants sont : les pommes de terre, le froment, le maïs et le riz. Le froment renferme environ 60 0/0 d'amidon, la pomme de terre de 10 à 28 0/0 ; mais comme la récolte de pommes de terre à l'hectare est beaucoup plus forte que celle de froment, un hectare de pommes de terre fournira toujours plus de fécule qu'un hectare de froment. Si l'on admet pour ce dernier une récolte de 2.000 kilogrammes à l'hectare, à 60 0/0 d'amidon, cela représente environ 1.200 kilogrammes d'amidon. Avec une récolte à l'hectare de 16.000 kilogrammes de pommes de terre à 20 0/0 de fécule, on aura 3.200 kilogrammes de fécule. Dans ces conditions la fabrication de la fécule de pommes de terre présente des avantages bien plus considérables que celle d'amidon de froment.

Cette céréale constitue néanmoins une matière première très importante pour la fabrication de l'amidon ; la raison en est que ce dernier est recherché pour une foule d'emplois pour lesquels la fécule serait impropre, ce qui explique aussi la différence de prix entre les deux produits.

La teneur en amidon des plantes est très variable ; on constate de grandes différences de richesse entre les grains des diverses céréales, et souvent entre les grains d'une seule et même espèce. Le même fait se présente dans une proportion beaucoup plus forte pour les pommes de terre. Le mode de culture, la nature du terrain et sa teneur en matières fertilisantes, les con-

ditions climatériques, etc., sont autant de facteurs qui influent sur la formation de la fécule. Il en résulte que les pommes de terre d'une même variété présentent de grandes différences sous le rapport de leur richesse en fécule d'un champ à l'autre. Il faut remarquer encore que les tubercules subissent pendant leur conservation des modifications incessantes qui ont pour effet de modifier leur teneur en fécule. Ainsi des pommes de terre qui, au moment de la récolte renferment jusqu'à 24 0/0 de fécule, n'en contiendront plus que 20 0/0 après quelques mois, 16 0/0 au printemps et 12 0/0 après le commencement de la germination.

Il est donc de la plus haute importance pour le fabricant de contrôler par l'analyse la qualité de sa matière première, de pouvoir se rendre compte des rendements qu'il doit obtenir et des pertes qui se produisent en cours de fabrication.

Poggiale a résumé dans le tableau suivant la composition de différentes céréales et légumineuses ; la première colonne indique leur teneur en amidon.

	Amidon	Matière protéique	Matière grasse	Cendres	Cellulose	Eau
Froment	63,3	4,4	1,9	1,7	4,2	14,5
Riz (Piémontais)	74,5 (1)	7,8	0,2	0,3	3,4	13,7
Orge	60,3	10,7	2,4	2,6	8,8	15,2
Avoine (décortiquée)	63,9	11,2	6,1	3,1	3,5	14,2
Seigle	65,5	8,8	2,0	1,8	6,4	15,5
Maïs	64,5 (1)	9,9	6,7	1,4	4,0 (2)	13,5
Haricots blancs	45,4	22,8	2,7	3,6	6,2	19,3
Pois	50,8	21,8	5,3	2,7	4,2	15,2
Pois verts et décort	57,7 (1)	21,7	1,9	2,8	3,2	12,7
Lentilles	44,0	29,0	1,5	2,4	7,7	15,4
Lupins	26,2	38,3	7,9	2,8	14,6	10,2
Pommes de terre	10 à 28	»	»	»	»	»

(1) Amidon, dextrine et sucre.

(2) Cellulose et matière colorante.

CHAPITRE II

LA POMME DE TERRE

La pomme de terre est formée par une agglomération compacte de cellules de parenchyme d'une structure irrégulière alternant avec des vaisseaux vasculaires qui en remplissent les intervalles. Ces vaisseaux se dirigent des parties internes vers la périphérie et se terminent par les *yeux* ou *gemmes*, qui sont le point de départ des germes d'une végétation ultérieure. La surface externe du tubercule est enveloppée d'une couche de cellules fixes et résistantes, dont la substance, dans certaines espèces, est entourée de matière colorante rouge ou bleue. Ce tissu cellulaire externe constitue la *peau* ou *pelure* de la pomme de terre.

Les cellules de parenchyme sont entourées d'une membrane tendre, de peu de consistance, renfermant le liquide cellulaire. Cette substance se compose du *protoplasma*, couche peu épaisse de matière molle, demi-fluide, autour de laquelle circule la *lymphe cellulaire*, constituée par un liquide aqueux qui charrie la fécule.

Composition de la pomme de terre

En dehors de l'eau de végétation et des autres éléments de la pomme de terre qui forment toujours les deux tiers au moins

de son poids total, la *fécule* en constitue l'élément prédominant. Toutefois le taux de fécule ne peut être fixé d'une manière générale par la raison que, comme on l'a vu précédemment, elle est sujette aux plus grandes variations.

Les autres substances qu'on trouve dans la pomme de terre sont :

Le *parenchyme,* que l'on désigne encore dans l'industrie sous le nom de *pulpe*, est composé par l'ensemble des cellules où sont enfermés les grains de fécule et par la peau qui recouvre la surface extérieure du tubercule.

Comme toutes les cellules végétales, dont la structure a été si bien étudiée par MM. Frémy et Urbain, le tissu cellulaire de la pomme de terre est formé par des corps cellulosiques dont les molécules sont unies les unes aux autres par un ciment végétal. A l'analyse on trouve dans ce tissu, ainsi que dans les tissus utriculaires des racines, de la *cellulose* et de la *paracellulose*, réunies par un ciment végétal formé de *vasculose,* de *pectose,* de divers pectates et de matières albuminoïdes dont les principales sont la *caséine végétale* ou *gluten-caséine,* la *fibrine végétale* ou *gluten-fibrine*, la *gliadine* ou *gélatine végétale,* la *mucédine.* Dans l'enveloppe extérieure on rencontre, en plus de ces corps, de la *cutose* qui constitue en grande partie cette sorte de vernis qui recouvre la pomme de terre.

Toutes ces substances, à part quelques pectates, sont solubles dans l'eau.

La cellulose et le parenchyme forment environ 1 0/0 des pommes de terre fraîches.

L'*eau de végétation* entre dans la pomme de terre pour 70 à 75 0/0 en poids ; elle en forme aussi le composé le plus complexe, et c'est aux difficultés que présente son élimination que sont dus souvent les mécomptes éprouvés dans la fabrication de la fécule.

Les *matières albuminoïdes* solubles et précipitables par

l'acide phosphorique sont : l'*albumine végétale*, la *légumine*, la *vitelline* et la *myosine*, cette dernière en proportion assez sensible.

A ces matières albuminoïdes bien définies viennent encore s'ajouter divers amides, de la fécule solubilisée provenant de la feuille et non encore régénérée, des ferments, une gomme particulière, la *solanine* (dans les pommes de terre germées), de la dextrine, du sucre (0,5 à 3 0/0), divers sels (0,8-1,5 0/0), des phosphates, et enfin des huiles essentielles auxquelles on attribue l'odeur particulière de la fécule de l'Oise.

On admet généralement que c'est la congélation qui rend les pommes de terre sucrées ; c'est une erreur, car il suffit de soumettre les tubercules à une basse température sans qu'il y ait congélation pour y développer du sucre. Lors même qu'on fait geler brusquement des tubercules, on n'y produit pas de sucre ; pour qu'il s'y produise il faut qu'on les amène lentement à la congélation. Dans les deux cas, la température s'est abaissée à — 3°. Il suffit de laisser les tubercules entre une température de — 1° et — 2° pendant 15 jours pour y développer 2 0/0 de sucre. Si on les laissait ensuite geler, la quantité de sucre n'augmenterait pas (1).

Deux phénomènes se passent en même temps dans les cellules à fécule des plantes : l'un est la transformation de l'amidon en glucose, l'autre la combustion de la glucose par le protoplasma.

A une basse température, la transformation chimique de l'amidon en glucose se fait encore, mais la vie du protoplasma est ralentie, la respiration est arrêtée, il ne se brûle plus de sucre. La cellule fabrique plus de sucre qu'elle n'en consume; il faut donc qu'il s'accumule.

La présence de beaucoup d'eau dans les tubercules favorise

(1) *Annales Agronomiques*, 1883. — *Transformation à basse température de l'amidon en matière sucrée dans les plantes*, par H. Muller-Thurgau.

la formation du sucre ; en même temps qu'on voit se former le sucre, on peut constater la disparition de l'amidon.

Muller a pu reconnaître qu'à des températures voisines de 0°, non seulement la combustion du sucre diminue, mais qu'il y a en outre une augmentation dans la quantité d'amidon convertie en glucose ; il y a là un ferment dans le genre de la diastase, que le froid laisse s'accumuler dans la plante, et dont l'action devient alors plus énergique.

Le sucre qui est accumulé dans les pommes de terre à la température voisine de 0° disparaît avec la basse température. Les tubercules qui, en 32 jours et à 0°, s'étaient chargés de 2,5 0/0 de sucre, n'en contenaient plus que 0,4 0/0 après un séjour de 6 jours dans une température de 2°.

Les pommes de terre déjà sucrées, exposées à une température de 2°, respirent bien plus énergiquement que celles qui ne sont pas sucrées. On est arrivé à constater les mêmes différences sur les feuilles qui contiennent de l'amidon. On est donc obligé, dans les recherches sur la respiration, de tenir compte de la température qui régnait avant l'expérience.

CULTURE DE LA POMME DE TERRE — RENDEMENT EN FÉCULE

La pomme de terre a été l'objet de nombreuses recherches en Allemagne ; les plus importantes sont celles qui ont été exécutées sous la direction de Oemichen, en 1876, à l'occasion de l'Exposition de pommes de terre à Altenbourg, recherches dont les résultats ont été publiés dans le compte rendu officiel de cette Exposition (1). Nous en extrayons quelques chiffres qui ne sont pas dépourvus d'intérêt. Parmi les pommes de terre analysées :

(1) *Die Kartoffel und ihre Cultur*. Berlin.

3	sortes	renfermaient	9,5 à 9,9	de fécule.
4	—	—	10 » à 10,9	—
42	—	—	11 » à 11,9	—
48	—	—	12 » à 12,9	—
98	—	—	13 » à 13,9	—
227	—	—	14 » à 14,9	—
360	—	—	15 » à 15,9	—
362	—	—	16 » » 16,9	—
357	—	—	17 » à 17,9	—
385	—	—	18 » à 18,9	—
236	—	—	19 » à 19,9	—
187	—	—	20 » à 20,9	—
145	—	—	21 » à 21,9	—
82	—	—	22 » à 22,9	—
49	—	—	23 » à 23,9	—
19	—	—	24 » à 24,9	—
11	—	—	25 » à 25,9	—
—	—	—	27 » à 27,9	—
1	—	—	28 » à 28,5	—

D'après les indications fournies par la commission de l'Exposition précitée sur le rendement de ces différentes sortes de pommes de terre, on a calculé le rendement moyen en fécule par hectare. Ce rendement a été établi pour toutes les sortes qui contenaient 20 0/0 de fécule et au delà ; on a pris également les sortes entre 18 et 20 0/0 qui fournissaient au moins 17.500 kilogrammes à l'hectare, et, entre 18 et 17 0/0, les sortes fournissant au moins 20.000 kilogrammes à l'hectare. Ces calculs ont donné les résultats suivants :

	Rendement en fécule à l'hectare
4 sortes.	1.000 à 1.499 kg.
11 —	1.500 à 1 999
20 —	2.000 à 2 499
64 —	2.500 à 2.999
73 —	3.000 à 3.499
58 —	3.500 à 3.999
41 —	4.000 à 4.499
60 —	4.500 à 4.999
15 —	5.000 à 5.499
10 —	5.500 à 5.999
4 —	6.000 à 6.499
2 —	6.500 à 6.760

Ces chiffres sont assez significatifs ; ils nous montrent les immenses progrès qu'on avait déjà réalisés à l'époque, en Allemagne, dans la culture des pommes de terre. On comprend dès lors l'essor prodigieux qu'a pu prendre dans ce pays la distillation des pommes de terre et la fabrication de la fécule. Comment s'étonner après cela que, malgré les bas prix de ces dernières années, la fécule allemande ait été en état de faire une concurrence désastreuse à nos fécules françaises sur nos propres marchés ! Les causes de l'infériorité de la féculerie française sont manifestes : les variétés de pommes de terre que nous récoltons sont peu productives et peu riches en fécule ; d'autre part, l'outillage servant à l'extraction de la fécule est généralement insuffisant, d'où résulte un épuisement imparfait des matières premières et des frais généraux plus élevés, parce qu'ils sont répartis sur une plus grande quantité de matière première mise en œuvre pour produire 100 kilogrammes de fécule.

Comme on l'a fait remarquer, la culture des pommes de terre riches permettrait à la féculerie d'acquérir une prospérité et une extension considérables, par suite de l'abaissement de ses frais de fabrication par 100 kilogrammes de fécule anhydre, puisqu'il lui suffira alors de mettre en œuvre un poids de tubercules beaucoup moins considérable que celui nécessaire actuellement pour obtenir le même rendement en fécule.

Pour atteindre ce but il faudra, dit M. Baudry (1), procéder pour la pomme de terre industrielle de la même manière que celle suivie pour la betterave à sucre, c'est-à-dire ne chercher que des variétés de races pures, riches en amidon et donnant des rendements élevés en poids ; ensuite maintenir la fixité des caractères ainsi obtenus et les perfectionner au moyen d'une sélection rationnelle et rigoureuse.

Depuis quelques années cependant, on a fait en France de

(1) *Bullet. Ass. des Chimistes*, sept.-oct. 1891.

sérieux efforts pour créer des variétés à grands rendements, et les résultats ont toujours été concluants.

Il appartient à Aimé Girard que, depuis notre première édition, la mort a enlevé à l'affection de ses nombreux disciples, d'avoir repris ce sujet d'une façon scientifique et pratique, et d'avoir démontré la possibilité de cultiver avec gros profits la pomme de terre, non seulement à grands rendements en poids, mais encore riche en amidon. Les expériences de ce savant ont porté principalement sur la variété *Richter's Imperator*, qui lui a paru posséder le plus de qualités.

Les travaux d'Aimé Girard méritent une attention toute spéciale, car ils présentent comme particularité une remarque importante, à savoir : la recommandation qu'il fait de ne planter comme reproductrices que des pommes de terre choisies d'après certains caractères physiques reconnus comme les plus avantageux. Comme on le voit, Aimé Girard s'adresse à la sélection physique des plants pour améliorer les races ; c'est sans aucun doute une façon de procéder qui peut être considérée comme un réel progrès.

M. Baudry conseille de combiner la sélection chimique avec la sélection physique pour éviter les effets funestes de l'atavisme qui tend toujours à ramener l'individu à présenter les caractères de ses ancêtres. La sélection chimique est importante, car elle indique quels sont les sujets qui ont conservé leurs facultés héréditaires, c'est-à-dire la propriété de ressembler à leurs auteurs directs présentant déjà les conditions recherchées, et fait rejeter les individus abâtardis comme impropres à la reproduction.

La sélection basée sur les caractères tant physiques que chimiques des sujets, permet de résoudre cet intéressant problème de la création des variétés de pommes de terre industrielles riches en amidon.

En un mot, il faudra faire subir à la culture des pommes de

terre industrielles une révolution semblable à celle qui s'est déjà opérée pour la culture de la betterave à sucre et ce sera, comme pour celle-ci, la sélection qui amènera ce progrès.

Nous donnerons plus loin la description d'un procédé simple et rapide, préconisé par M. Baudry, pour la détermination de la fécule dans les pommes de terre.

On a parfois affirmé que la richesse en fécule des pommes de terre augmente après la récolte, pour atteindre son maximum en hiver ou seulement dans les premiers mois du printemps, de sorte qu'il y aurait avantage à ne travailler les pommes de terre qu'en décembre ou en janvier. Cette opinion est absolument erronée, comme l'ont démontré les expériences de Nobbe, de Maercker et autres. Le tubercule n'est qu'une sorte de réservoir de la fécule élaborée par les parties vertes de la plante ; un tubercule séparé de ses organes ne peut plus en produire. Cependant, on ne saurait nier que la teneur en fécule puisse être plus élevée dans les pommes de terre quelque temps après leur récolte qu'au moment de l'arrachage même. Mais cette augmentation de richesse n'est qu'apparente; elle provient de ce que les pommes de terre conservées dans un endroit sec subissent une perte constante d'eau par évaporation. Si donc on soumet une pomme de terre à une première analyse immédiatement après la récolte et à une seconde trois mois après, on trouvera relativement plus de fécule à la deuxième expérience, parce que la teneur en eau a diminué dans le tubercule. Mais si l'on avait pesé toute la provision de pommes de terre une première fois au moment de la récolte et une seconde fois à la deuxième analyse, on aurait constaté une différence sensible entre les poids respectifs, et trouvé que malgré l'augmentation relative de la richesse en fécule, la proportion de cette dernière n'en a pas moins subi une notable diminution.

Au moment de la récolte il faut avoir soin d'éliminer les tubercules malades, pourris ou endommagés par les outils, de

les séparer des tubercules sains, pour empêcher la destruction de quantités importantes de pommes de terre par la propagation de la maladie ou de la fermentation putride.

Conservation des pommes de terre

Les pommes de terre sont généralement conservées dans des silos creusés dans un terrain aussi sec que possible, dans le champ même, ou encore de préférence dans un enclos spécial contigu à la fabrique. La disposition qui convient le mieux pour ces sortes de silos est celle de fosses plates, oblongues, affectant la forme de tranchées à parois talutées vers le dehors ou ayant 60 à 100 centimètres de profondeur. On emplit les silos jusqu'au niveau du champ, puis on entasse encore plusieurs couches, de manière à former des buttes saillantes qu'on recouvre enfin de terre. L'épaisseur de la couche de terre se règle suivant la température régnante au moment de l'ensilage. Si la récolte se fait par un temps tiède, on ne recouvre les tas que d'une couche de terre très mince, pour faciliter le dégagement de la chaleur qui règne dans les silos ; si, au contraire, le temps se refroidit et si l'on a une gelée à craindre, on augmente la couche de terre en conséquence. Les silos doivent être constamment surveillés, surtout au commencement de l'hiver, et les fissures dans la couche de terre réparées à mesure qu'elles se produisent. On réglera la température dans l'intérieur des silos soit en terrant ceux-ci davantage, soit au contraire, en cas d'élévation subite de la température, en découvrant partiellement la butte, ou encore en y pratiquant quelques trous de dégagement.

Les grandes fabriques font un ensilage spécial : les tubercules sont moitié sous terre, moitié au-dessus, recouverts d'un toit muni d'un bon système d'aération. Dans le milieu de

chaque compartiment ou division du silo se trouve une cheminée rectangulaire en bois, pénétrant jusqu'au fond du silo, et dont les côtés sont percés de trous donnant lieu à un échange d'air continu. Une grande fabrique, récemment installée, a contruit des silos de 5 compartiments pouvant contenir chacun 20.000 kilogrammes de tubercules. On peut aussi adopter le nouveau système de Hornung et Scheibner. Ce système consiste à creuser des fosses de 1 mètre — 1 m, 50 de profondeur, dont les parois sont creuses, percées de trous par endroits ; les toits des silos ont également une forme spéciale (1). Cet ensemble de dispositions a pour but de favoriser la ventillation qui est à la fois horizontale et verticale, de telle sorte que les pommes de terre ensilées sèchent et s'aèrent avant l'arrivée du froid. A ce moment on ferme les silos et, selon l'intensité du froid, on couvre les issues du toit et des parois d'une couche plus ou moins épaisse de paille ; sur celle-ci on ne met pas de terre. Tel est le principe de cette méthode.

On préconise aussi depuis quelque temps l'emploi de diverses substances antiseptiques, telles que l'acide phénique, la naphtaline, l'acide sufurique, etc., pour la conservation des pommes de terre en silos. Ces antiseptiques empêchent la végétation et cicatrisent au surplus les plaies des tubercules. On recommande particulièrement le sulfure de carbone comme étant très efficace et très bon marché, puisqu'il suffit de 10 kilogrammes de sulfure de carbone dans 2.000 à 3.000 litres d'eau pour traiter 100.000 kilogrammes de pommes de terre.

On peut contrôler très rigoureusement la température des silos au moyen d'un grand thermomètre ordinaire abrité par une gaine en bois munie à sa base d'une pointe de fer et percée à jour à peu de distance de la cuvette à mercure. L'expérience montre qu'une température de 6° C. convient le mieux pour la bonne conservation des pommes de terre ; on assurera

(1) *Zeitschr. f. Spiritusind. Ergaenzungsheft*, 1891, p. 18.

donc celle-ci d'autant mieux qu'on approchera davantage de la température ci-dessus et qu'on la maintiendra soit par l'aération, soit par l'augmentation de la couche de terre, suivant l'état de la température.

Si, par suite d'une négligence, un ou plusieurs silos avaient été atteints en hiver par la gelée, le mieux serait de les abandonner à eux-mêmes jusqu'au printemps pour les laisser dégeler par la chaleur qui y pénètre graduellement. Il peut arriver alors que des pommes de terre complètement gelées reprennent un aspect sain, sans éprouver les inconvénients qu'entraîne toujours un brusque dégel.

DÉTERMINATION DE LA FÉCULE DANS LES POMMES DE TERRE

Détermination de la fécule des pommes de terre d'après leur poids spécifique. — Comme la fécule possède un poids spécifique relativement élevé et qu'elle représente sensiblement les deux tiers de la matière sèche des pommes de terre (56 à 76 0/0, selon la qualité de ces dernières), on peut admettre *a priori* que leur poids spécifique doive donner la mesure de leur teneur en fécule. En règle générale donc, la pomme de terre aura un poids spécifique d'autant plus élevé qu'elle renfermera plus de fécule. Berg a le premier montré l'exactitude de cette relation, et il a établi une formule permettant de calculer la teneur en fécule d'après le poids spécifique observé. Ludersdorff a fait des recherches sur le même sujet ; il a perfectionné cette méthode par l'établissement d'un certain nombre de facteurs destinés à faciliter le calcul de la teneur en fécule à l'aide du poids spécifique. Balling à son tour vérifia les chiffres de ses devanciers, chiffres qui lui permirent de calculer une table donnant en regard des poids spé-

cifiques la teneur correspondante des pommes de terre en fécule et matière sèche.

La table de Balling a été successivement corrigée par Holdefleiss, puis par Behrend, Maercker et Morgen.

Cette méthode de détermination de la valeur des pommes de terre est très répandue ; elle est, du reste, d'une grande simplicité ; malheureusement elle ne donne pas toujours des résultats exacts. Comme le fait observer Maercker, les fabricants de fécule n'ont pas toujours obtenu en fabrication les rendements sur lesquels ils comptaient en calculant la teneur en fécule d'après le poids spécifique des pommes de terre.

La raison la voici : la pomme de terre renferme, outre l'amidon, des matières albuminoïdes, de la cellulose, des sels, etc., qui s'y trouvent en quantités très variables et nullement en rapport constant avec la proportion de fécule et qui, influant sur le poids spécifique, faussent les calculs.

Les tables de Holdeffeiss furent pendant longtemps les plus complètes et les plus exactes. Heidepriem, enfin, établit de nouvelles tables basées sur l'analyse de 15 échantillons différents de pommes de terre. Des recherches récentes, faites par Mærcker, Behrend et Morgen, ont fourni des résultats sensiblement concordants avec ceux de Holdefleiss. Dans tous ces essais, on trouva des pommes de terre de variétés différentes ayant le même poids spécifique ; on constata des différences de 1 0/0 en moyenne dans la teneur en matière sèche, et on en conclut qu'on ne peut, en général, compter sur des résultats exacts à plus de 0,5 0/0 près (1).

Il est évident que les résultats concorderaient parfaitement avec le poids spécifique si la matière sèche avait toujours une densité constante ; mais il n'en est pas ainsi, quoique l'amidon, la cellulose, l'albumine, etc., aient à peu près le même poids

(1) Mœrcker. *Traité de la fabrication de l'alcool.*

spécifique : 1,50 à 1,55, parce que la densité des matières salines est très variable.

Mais la teneur en matières salines est tellement faible qu'elle ne suffit pas à expliquer la différence de + 1 0/0 qu'on trouve quelquefois pour la matière sèche ayant le même poids spécifique. Il est probable que ces différences tiennent à des cavités remplies d''air qu'on rencontre quelquefois dans les pommes de terre ; cet air emprisonné influe beaucoup plus sur le poids spécifique que de petites différences dans la composition de la matière sèche.

Nous reproduisons plus loin les différentes tables employées pour calculer la teneur des pommes de terre en fécule.

Détermination du poids spécifique. — On peut employer deux méthodes peur déterminer le poids spécifique des corps solides : l'une, la méthode indirecte, consiste à composer un liquide ayant la même densité que les pommes de terre à essayer, et à déterminer le poids spécifique de ce liquide.

A cet effet, Krocker a imaginé la méthode suivante basée sur l'emploi du sel. Une dissolution saturée de sel marin possède une densité égale à 1,2 et supérieure à celle des pommes de terre les plus riches. En effet, les pommes de terre à 30 0/0 de fécule ont un poids spécifique égal à 1,16 ; il sera donc toujours facile, en ajoutant à de l'eau pure une dissolution concentrée de sel marin, de produire un liquide de même densité que les pommes de terre à essayer. On aura atteint ce but lorsque les pommes de terre, placées en un point quelconque du liquide, y resteront en supension sans montrer aucune tendance, soit à monter, soit à descendre. Au moyen d'un densimètre on détermine le poids spécifique du liquide qui est alors égal à celui des pommes de terre essayées.

Mais ce procédé n'est applicable qu'à des échantillons peu importants ; aussi préfère-t-on généralement la *méthode directe* pour la prise du poids spécifique. Voici en quoi consiste cette méthode :

Le poids spécifique d'un corps est le rapport de son poids absolu à son volume. Soit P le poids absolu d'un corps, p son poids spécifique et V son volume, on aura :

$$P = p \times V\text{; d'où l'on déduit } p = \frac{P}{V}.$$

Le poids spécifique d'un corps s'obtient donc en divisant son poids absolu par son volume. Toutes les méthodes directes pour la détermination du poids spécifique reposent sur la détermination du volume d'une quantité pesée de pommes de terre. Cependant les méthodes les plus répandues ne reposent pas sur la détermination directe du volume des pommes de terre, mais sur la pesée des tubercules plongés dans l'eau..

D'après le principe d'Archimède, tout corps plongé dans l'eau perd une partie de son poids égale au poids du volume d'eau déplacée.

Exemple. — Si 1.000 grammes de pommes de terre plongées dans l'eau ne pèsent plus que 125 grammes, c'est que leur volume est égal à :

$$1.000 - 125 = 875\ cm^3.$$

Par suite leur poids spécifique sera de :

$$p = \frac{P}{V} = \frac{1.000}{875} = 1{,}143 = 27{,}4\ 0/0 \text{ d'amidon.}$$

Il existe une foule d'appareils basés sur ce principe et qui dérivent tous du premier appareil construit par Fesca. Sur le plateau *e* d'une balance (fig. 31) on met un poids de 5 ou 10 kilogrammes, puis on rétablit l'équilibre en plaçant des pommes de terre dans la caisse supérieure *f*, fixée à l'autre extrémité du fléau. Pendant cette pesée, le panier *g* suspendu au-dessous de la caisse *f* doit plonger dans l'eau.

On introduit alors les pommes de terre de la caisse *f* dans le panier *g* ; il en résulte pour elles une perte de poids que l'on

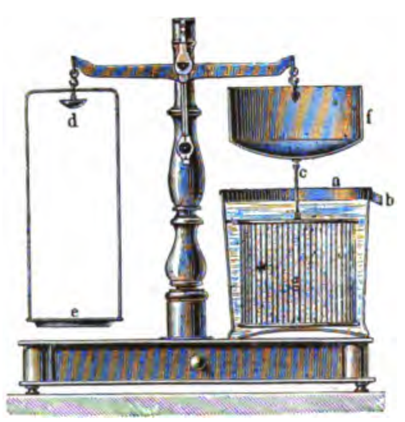


Fig. 31. — Balance de Fesca pour la détermination du poids spécifique. — Première position : Remplissage d'eau du vase *a*.

détermine en ramenant le fléau à la position horizontale par l'addition de poids dans la caisse *f*. La différence entre le poids

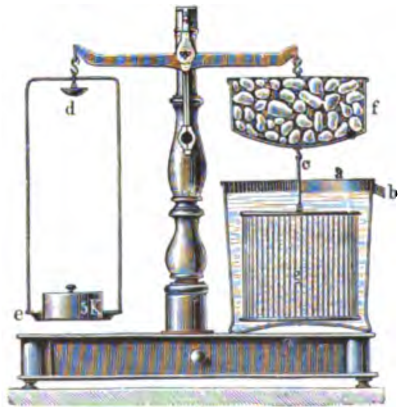


Fig. 32. — Balance de Fesca. — Deuxième position : Pesage des pommes de terre.

du plateau *e* et ceux qu'on doit mettre sur *f* donne le poids

des pommes de terre plongées dans l'eau, et les poids qu'on a dû ajouter dans la caisse *f* représentent la perte de poids et, par suite, le volume des tubercules. Fesca a établi des tables donnant le poids spécifique des pommes de terre d'après le poids d'eau qu'elles déplacent lorsqu'elles sont immergées. Les tables des appareils analogues sont basées sur le poids que les pommes de terre conservent dans l'eau. Les tables que nous donnons plus loin conviennent parfaitement.

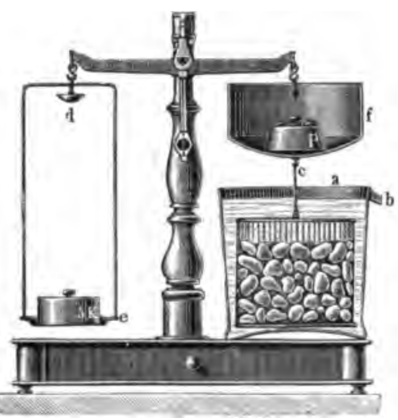


Fig. 33. — Balance de Fesca. Troisième position : Détermination du poids d'eau déplacée par les pommes de terre.

Hurtzig a modifié la balance de Fesca, comme l'indique la figure 34.

Pendant que le panier inférieur plonge dans l'eau, on pèse dans le panier supérieur 5, 10, 15 livres de pommes de terre. Le poids est indiqué par une aiguille qui se meut sur un cadran gradué. Un tour complet du cadran indique 5 livres. On change ensuite les paniers et on lit le poids des pommes de terre plongées dans l'eau. Les tables donnent alors, d'après le poids trouvé, le poids spécifique des pommes de terre.

Schwarzer a construit une balance romaine sur le fléau de

laquelle on lit directement la teneur en amidon des pommes de terre.

Enfin, Reimann a construit une balance fixée sur un réservoir d'eau.



Fig. 34. — Balance de Hurtzig.

Maercker recommande les précautions suivantes pour la détermination du poids spécifique des pommes de terre :

1° Les pommes de terre doivent être brossées et lavées, puis essuyées avec un linge;

2° Employer autant que possible de l'eau de pluie pour la pesée, ou de l'eau de condensation de la machine, car l'eau de puits dépose à la longue du carbonate de chaux sur les parois de la balance, ce qui fausse ses indications ;

3° L'eau doit être au même niveau dans le réservoir avant et après la pesée des pommes de terre immergées ; il faut donc maintenir toujours le réservoir complètement plein ;

4° Si les pommes de terre sont gâtées, il faut en retrancher, au moment de la pesée, les parties atteintes. Pour arriver à un parfait équilibre des plateaux, il faut ajouter à la fin des morceaux de pommes de terre ;

5° Les résultats que donnerait un essai fait avec des pommes de terre pourries, malades ou germées, etc., seraient complètement faux, les tables ayant été établies d'après les résultats obtenus avec des pommes de terre saines et normales ;

6° Lorsqu'il se présente des pommes de terre légères (par suite de nombreuses cavités d'air) qui flottent dans l'eau, il faut les exclure de tout essai. On fait dégager les bulles d'air qui restent parfois fixées sur les pommes de terre immergées, en agitant le panier avant la pesée. On agite ensuite à nouveau et on repèse ; si les deux poids sont égaux, c'est que les bulles d'air se sont bien dégagées ;

7° La température de l'eau doit être de 17°,5 C. (14° R.), car les tables ont été établies pour cette température ; si la température de l'eau était plus basse, le poids spécifique trouvé serait trop faible, car l'eau déplacée par les pommes de terre serait plus dense ; l'inverse aurait lieu si la température de l'eau dépassait 17°,5 C ;

8° La prise d'échantillon des pommes de terre doit être faite soigneusement, car, comme nous l'avons déjà fait observer plus haut, les pommes de terre de même variété et ayant végété dans les mêmes conditions, présentent parfois de grandes différences. Un petit échantillon ne permet donc pas de connaître exactement la teneur en fécule d'un lot de pommes de terre, car même avec de nombreux échantillons on n'obtient pas toujours des résultats absolument sûrs. Ainsi, en prélevant 6 échantillons de 1 kilogramme sur un lot de 2.500 kilogrammes, on a trouvé des différences dont la moyenne a atteint

2,1 0/0. On ne devrait donc jamais prendre d'échantillons au-dessous de 5 kilogrammes.

Les tables de Maercker sont les plus récentes, mais les nombres qu'elles contiennent sont un peu trop élevés, et il vaut mieux adopter celles d'Heidepriem, qui présentent, pour une même densité, des différences en moins de 2,5 0/0 environ dans le taux de fécule. En comparant leurs indications aux résultats d'un des procédés de dosage employés dans les laboratoires, on a obtenu avec ces dernières tables des chiffres trop forts ou trop faibles de 0 à 1 0/0 seulement pour Richter's Imperator, et régulièrement trop faibles de 0 à 1,5 0/0 avec Merveille d'Amérique, et Chardon. Ainsi, en supposant des tubercules dosant réellement 15 0/0 de fécule, la table indiquerait 14 à 16 0/0 avec la première variété, et 13,5 à 15 0/0 avec les deux autres, au lieu de 16,5 et 18,5 0/0 et 16 à 17,5 0/0 qu'on obtiendrait en consultant les données de Maercker.

Des erreurs en plus atteignant ainsi jusqu'à 3,5 0/0 peuvent être causes de sérieuses difficultés entre le cultivateur et le féculier ; aussi a-t-on avantage à adopter les tables qui y exposent le moins ; on est alors certain que le taux de fécule sur lequel on compte est plutôt trop bas que trop élevé, et l'on a plus de chance ainsi de déterminer les industriels à entrer dans la voie de ce progrès si désirable : la vente basée sur la richesse des tubercules.

La table que nous donnons à la page 58 a été dressée à l'aide d'éléments puisés dans le *Traité de la fabrication de l'alcool,* de Maercker.

La première et la cinquième colonne à partir de gauche contiennent les poids dans l'eau pour des échantillons de 5 kilogrammes, et l'on trouve dans les autres colonnes les densités et les taux correspondants de matière sèche et de fécule. Tout calcul est donc inutile, si l'on opère toujours sur des lots de 5 kilogrammes.

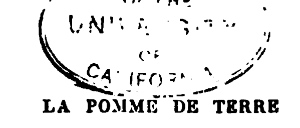


Table donnant la teneur en fécule et en matière sèche des pommes de terre d'après leur poids spécifique

D'après Mærcker, Behrend et Morgen

Poids spécifique	Fécule %	Matière sèche %	Poids spécifique	Fécule %	Matière sèche %
1080	13,9	19,7	1120	22,5	28,3
1081	14,1	19,9	1121	22,7	28,5
1082	14,3	20,1	1122	22,9	28,7
1083	14,5	20,3	1123	23,1	28,9
1084	14,7	20,5	1124	23,3	29,1
1085	14,9	20,7	1125	23,5	29,3
1086	15,1	20,9	1126	23,7	29,5
1087	15,4	21,2	1127	24,0	29,8
1088	15,6	21,4	1128	24,2	30,0
1089	15,8	21,6	1129	24,4	30,2
1090	16,0	21,8	1130	24,6	30,4
1091	16,2	22,0	1131	24,8	30,6
1092	16,4	22,2	1132	25,0	30,8
1093	16.6	22,4	1133	25,2	31,0
1094	16,9	22,7	1134	25,5	31.3
1095	17,1	22,9	1135	25,7	31,5
1096	17,3	23,1	1136	25,9	31,7
1097	17,5	23,3	1137	26,1	31,9
1098	17,7	23.5	1138	26,3	32.1
1099	17,9	23,7	1139	26,5	32,3
1100	18,2	24,0	1140	26,7	32,5
1101	18,4	24,2	1141	27,0	32,8
1102	18,6	24,4	1142	27,2	33,0
1103	18,8	24,6	1143	27,4	33,2
1104	19,0	24,8	1144	27,6	33,4
1105	19,2	25,0	1145	27,8	33,6
1106	19,4	25,2	1146	28,0	33,8
1107	19,7	25,5	1147	28,3	34,1
1108	19,9	25,7	1148	28,5	34,3
1109	20,1	25,9	1149	28,7	34,5
1100	20,3	26,1	1150	28,9	34,7
1111	20,5	26,3	1151	29,1	34,9
1112	20,7	26,5	1152	29,3	35,1
1113	20,9	26,7	1153	29,6	35,4
1114	21,1	26,9	1154	29,8	35,6
1115	21,4	27,2	1155	30,0	35,8
1116	21,6	27,4	1156	30,2	36,0
1117	21,8	27,6	1157	30.4	36,2
1118	22,0	27,8	1158	30,6	36,4
1119	22,2	28.0	1159	38,8	36,6

Table d'Heidepriem

Poids dans l'eau de 5 kilogr. de tubercules	Densités	Matière sèche	Fécule	Poids dans l'eau de 5 kilogr. de tubercules	Densités	Matière sèche	Fécule
375	1.080	18,6	11,4	525	1.117	26,5	19,3
380	1.082	19,1	11,8	530	1.119	26,9	19,7
385	1.083	19,3	12,0	535	1.120	27,2	19,9
390	1.084	19,5	12,3	540	1.121	27,4	20,1
395	1.086	19,9	12,7	545	1.123	27,8	20,6
400	1.087	20,1	12,9	550	1.124	28,0	20,8
405	1.088	20,3	13,1	555	1.125	28,2	21,0
410	1.089	20,5	13,3	560	1.126	28,4	21,2
415	1.090	20,8	13,5	565	1.127	28,6	21,4
420	1.092	21,2	14,0	570	1.129	29,1	21,8
425	1.093	21,4	14,2	575	1.130	29,3	22,1
430	1.094	21,6	14,4	580	1.131	29,5	22,3
435	1.095	21,8	14,6	585	1.132	29,7	22,5
440	1.096	22,0	14,8	590	1.134	30,1	22,9
445	1.098	22,5	15,2	595	1.135	30,6	23,1
450	1.099	22,7	15,4	600	1.136	30,6	23,3
455	1.100	22,9	15,7	605	1.138	31,0	23,8
460	1.101	23,1	15,9	610	1.139	31,2	24,0
465	1.102	23,3	16,1	615	1.140	31,4	24,2
470	1.104	23,7	16,5	620	1.142	31,8	24,6
475	1.105	23,9	16,7	625	1.143	32,0	24,8
480	1.106	24,2	17,0	630	1.144	32,3	25,0
485	1.107	24,4	17,2	635	1.146	32,7	25,5
490	1.109	24,8	17,6	640	1.147	32,9	25,7
495	1.110	25,0	17,8	645	1.148	33,1	25,9
500	1.111	25,2	18,0	650	1.149	33,3	26,1
505	1.112	25,5	18,2	655	1.151	33,8	26,5
510	1.113	25,7	18,4	660	1.152	34,0	26,7
515	1.114	25,9	18,7	665	1.153	34,2	26,9
520	1.116	26,3	19,1	670	1.155	33,6	27,4

Les chiffres de ces deux colonnes peuvent encore servir pour des échantillons de 2^{kg},500 ou de 10 kilogrammes ; il suffit pour cela de doubler ou de réduire de moitié les poids relatifs

à l'immersion. Prenons, par exemple, un lot de tubercules très uniforme comme richesse et, par suite, comme densité ; si 410 grammes est le poids dans l'eau pour 5 kilogrammes, on aura évidemment 205 grammes pour un échantillon de 2^{kg},500, et 820 grammes pour 10 kilogrammes ; la densité de 1.089 étant la même dans les trois cas, on la cherche en regard du nombre 410, correspondant à la pesée de 5 kilogrammes, nombre qu'on obtient en doublant 205, ou en divisant 820 par 2. On aurait multiplié par 5 ou divisé par 1,5 si les opérations avaient porté sur 1 kilogramme ou sur 7^{kg},500 ; et ainsi de suite pour 2, 3..., 6, 8 ou 9 kilogrammes ; il est donc inutile d'avoir à sa disposition une table pour chaque cas particulier, comme cela existe en Allemagne.

Le taux des matières sèches est indiqué à titre de renseignement ; on voit qu'il surpasse toujours de 7,2 environ le taux correspondant de fécule.

Les chiffres du poids dans l'eau sont relatifs aux pesées faites à l'aide d'une balance ; ils sont donc dix fois plus forts que ceux qu'aurait fournis une bascule, ce qui n'a du reste aucune influence sensible sur la rapidité des recherches dans la table, puisque le seul multiplicateur dont on ait besoin, avec la bascule, est 10. Si, par exemple, la seconde pesée accuse 45 grammes, on regarde en face de 450 et l'on trouve immédiatement 1.099 pour densité et 15,4 comme taux de fécule.

Cette table est suffisamment étendue pour tous les cas qui peuvent se présenter dans la pratique, car aucune variété de pommes de terre industrielle n'a une richesse en amidon inférieure à 11 0/0 ni supérieure à 27 0/0.

Détermination de la fécule dans les pommes de terre à l'aide du solanomètre Bloch. — Cet instrument est basé sur la mesure du volume qu'occupe un poids donné de fécule à son maximum d'hydratation.

Il consiste en un vase de verre ou de métal de la forme

d'une allonge, terminé par un tube gradué dont cent divisions égalent 80 divisions du féculomètre Bloch.

Le degré indiqué par le dépôt de fécule fait connaître directement la richesse en fécule de la pomme de terre.

Exemple. — 20 divisions indiquent 20 0/0 de fécule commerciale dans 100 kilogrammes de pommes de terre.

Pour faire un essai de pommes de terre, l'on passe l'emporte-pièce au travers de la pomme de terre à essayer et avec le repoussoir on retire le cylindre de pomme de terre.

Le cylindre étant retiré, on pèse 10 grammes par double pesée, en ayant soin de rogner toujours du même côté, cela afin d'obtenir un cylindre qui représente la moyenne, en conservant la partie de la circonférence de la pomme de terre jusqu'à son centre.

Le petit cylindre pesé exactement à 10 grammes est usé sur une meule d'opticien dont on a préalablement rempli d'eau l'auge à un tiers environ, juste pour faire plonger la meule.

La partie du cylindre non atteinte est broyée dans un mortier en biscuit, de manière qu'il ne reste plus aucune cellule non déchirée.

Lorsque tout est bien réduit, on verse le tout sur un tamis en soie écrue n° 160, posé sur un vase à robinet.

On lave à grande eau jusqu'à ce qu'il ne reste plus de grains de fécule dans la pulpe, ce dont on peut s'assurer au moyen du microscope.

Cette eau renferme alors toute la fécule contenue dans 10 grammes de pomme de terre, plus quelques téguments qui empêchent la fécule de se déposer.

Pour isoler la fécule on fait passer doucement le liquide sur un plan incliné de 2^m,30 de long sur 6 centimètres de large.

C'est un chenal en bois garni de zinc, avec un fond bien dressé, plat, à rebord de 1 centimètre, que l'on pose sur une table de manière à avoir 1 centimètre de pente par mètre. Lorsque toute l'eau a passé sur le plan incliné, la fécule y reste,

et toutes les parties légères s'en vont. Il faut avoir soin de régler la vitesse de l'écoulement au moyen du robinet, de façon à ce qu'il n'y ait pas d'entraînement de fécule, ce qui est visible par le microscope.

On lave avec un peu d'eau claire pour faire écouler tout ce qui est plus léger que la fécule. On incline alors très fortement le plan incliné et l'on chasse le tout dans le solanomètre par un courant d'eau et une agitation avec l'index ou avec la pipette.

Après un repos suffisant on lit le nombre de divisions.

S'il y a par exemple 15 divisions, cela signifie 15 kilog. de fécule commerciale dans 100 kilog. de pommes de terre.

Détermination de la fécule des pommes de terre au moyen du féculomètre pour pommes de terre,

de MM. Aimé Girard et Fleurent.

MM. Aimé Girard et Fleurent ont pensé qu'il serait possible d'adopter des dispositions plus simples que celles proposées jusqu'ici, et d'établir pour la mesure de la densité d'un lot de pommes de terre un appareil d'un prix modeste et cependant d'une exactitude suffisante.

L'appareil qu'ils ont imaginé et dont, avec leur autorisation, M. Digeon a spécialement entrepris la construction (1), est représenté sur la figure ci-jointe ; il reproduit, dans des conditions qui assurent l'exactitude des mesures, le dispositif classique d'Archimède ; la détermination de la densité y repose sur la mesure du volume d'eau déplacé par un kilogramme de pommes de terre ; cette mesure est donnée par la simple lecture d'un vase gradué.

(1) Le prix de l'appareil complet est de 13 fr. 50 ; on le trouve chez M. Digeon, constructeur-mécanicien, 17, rue du Terrage, à Paris.

Désigné par ses auteurs sous le nom de *féculomètre pour pommes de terre*, cet appareil comprend, principalement, un seau en fer-blanc de 3 litres environ de capacité, portant à la partie supérieure une hausse évasée, et à l'intérieur duquel peut être logé un panier métallique mobile et d'une légèreté aussi grande que possible. C'est dans ce seau que les pommes de terre, préalablement placées dans le panier, sont descendues, et c'est par la mesure du volume d'eau que les tubercules déplacent alors que doit avoir lieu l'appréciation de la densité.

Pour éviter les erreurs qu'apporterait nécessairement à la mesure de ce volume la grande surface du liquide contenu dans le seau, MM. Aimé Girard et Fleurent ont disposé latéralement un tube de verre de 8 millimètres de diamètre intérieur, destiné à rendre l'observation plus précise; ce tube porte un trait d'affleurement placé un peu au-dessus de l'orifice du robinet par lequel a lieu l'écoulement de l'eau. Dans le même but, ils ont donné à ce robinet une longueur très faible, en même temps qu'un bec horizontal pour atténuer les effets de la capillarité.

Enfin, pour mesurer la quantité d'eau écoulée, ils emploient un ballon jaugé dont le col porte une graduation correspondant à des richesses comprises entre 12 0/0 et 25 0/0 de fécule et d'autant plus grandes que la quantité d'eau écoulée est moins abondante.

En résumé, pour faire usage du féculomètre de MM. Aimé Girard et Fleurent, on opère de la façon suivante :

1° Le panier étant logé dans le seau en fer-blanc, on remplit celui-ci, jusqu'à un ou deux centimètres au-dessus du robinet, d'eau prise à la température de la pièce où l'on opère; on ouvre le robinet et on laisse écouler l'eau dans un vase quelconque, en suivant attentivement la descente du niveau dans le tube latéral; lorsqu'on voit celui-ci se rapprocher de la ligne d'affleurement, on tourne doucement le robinet, de

façon à rendre l'écoulement plus lent et enfin, au moment précis où la ligne de courbure de ce niveau (ménisque) prend contact avec la ligne d'affleurement, on ferme brusquement le robinet ;



Fig. 35. — Féculomètre de MM. Aimé Girard et Fleurent.

2° Les pommes de terre ayant été soigneusement échantillonnées, lavées, essuyées, on en pèse sur une balance ordinaire un kilogramme ; pour faire l'appoint, on peut, sans inconvénient, employer un ou deux fragments ;

3° Le panier est alors soulevé de façon à émerger de l'eau

pour la plus grande partie, mais en restant cependant toujours à l'intérieur du seau et dans ce panier on descend une à une, en évitant les chocs qui détermineraient la projection de l'eau au dehors, les pommes de terre qui composent le kilogramme pesé ;

4° On descend doucement le panier jusqu'au fond du seau, puis on l'agite légèrement et d'un mouvement circulaire de façon à faire remonter à la surface les bulles d'air entraînées ;

5° Le ballon jaugé est alors placé au-dessous du robinet ; on ouvre celui-ci, et on laisse écouler l'eau déplacée par le kilogramme de tubercules, en suivant comme lors de la première opération la descente du niveau dans le tube latéral, et en arrêtant l'écoulement au moment précis où, dans les mêmes conditions, l'affleurement se produit ;

6° On lit alors sur le col du ballon jaugé la graduation qui correspond au niveau de l'eau ; celle-ci exprime, en centimètres cubes, le volume d'eau déplacé par le kilogramme de pommes de terre soumis à la mesure. Une table imprimée, jointe à l'appareil, donne enfin la richesse centésimale en fécule anhydre qu'indique la lecture de la graduation.

L'appareil qui vient d'être décrit est en fonctionnement au Conservatoire national des Arts et Métiers ; il a toujours donné des nombres concordants à un centimètre cube près ; on peut donc être sûr de son exactitude à 0,2 ou 0,3 0/0 de fécule. C'est là, pour les transactions commerciales auxquelles la pomme de terre industrielle et fourragère peut donner lieu, une approximation largement suffisante.

Détermination de la fécule des pommes de terre par l'analyse chimique. — Les principaux procédés chimiques pour la détermination de la fécule dans les pommes de terre sont ceux d'Aimé Girard, de Maercker, d'Asboth et de Reinke. La description de tous ces procédés nous entraînerait hors des limites que nous nous sommes tracées.

Un autre procédé a été mis en avant tout récemment par M. Baudry ; nous le décrirons rapidement quoiqu'il ne nous paraisse pas à l'abri de tout reproche.

Méthode de M. Baudry (1)

Echantillonnage. — Un lot de pommes de terre représentant 30 ou 40 tubercules est pris pour l'analyse.

Les pommes de terre sont d'abord lavées avec soin ; elles sont ensuite rangées selon leur ordre de grosseur. On en prélève alors une sur trois ou quatre, de façon à obtenir un nouvel échantillon représentant autant que possible la moyenne du lot à analyser.

Râpage. — Les dix tubercules conservés pour l'analyse sont alors pesés ; on note le poids.

On les râpe au moyen d'une râpe à tambour en acier dont les dents sont taillées de la même façon que celles des limes à bois.

La pulpe *fine* obtenue est ensuite entièrement mélangée.

Il est indispensable d'avoir une pulpe fine débarrassée complètement de morceaux ou semelles.

On en pèse le poids normal, soit 5 gr. 376 pour le saccharimètre Laurent (correspondant à 16 gr. 19 de sucre cristallisable) ou 3 gr. 321 si l'appareil de Laurent est divisé en degrés Vivien (correspondant à 10 grammes de sucre cristallisable.

Ce poids normal est introduit dans un ballon de 200 centimètres cubes au moyen d'un léger filet d'eau, jusqu'à concurrence de 80 à 90 centimètres cubes. On y ajoute ensuite environ 50 centigrammes d'acide salicylique cristallisé.

Après avoir fermé le ballon par un bouchon en caoutchouc

(1) Décrite par lui-même. *Bullet. de l'Ass. des Chimistes.*

traversé par un tube en verre (d'une longueur de 30 à 75 centimètres et devant servir de condenseur), on le place directement à feu nu sur une toile métallique située au-dessus d'un bec Bunsen ou d'une lampe à pétrole, soit dans un bain de chlorure de calcium ou mieux au bain de sable.

On doit faire bouillir doucement le liquide du ballon pendant 45 à 50 minutes.

On surveille les premières minutes d'ébullition, de manière à régler le feu pour éviter un bouillonnement un peu tumultueux.

Au bout de ce temps (50′) on retire le ballon du bain de sable ; on y ajoute de l'eau jusqu'au trait de 200 centimètres cubes approximativement et l'on place ensuite ce ballon dans un réfrigérant contenant de l'eau froide ordinaire ; il faut environ 15 minutes pour refroidir le ballon à la température de 15-18° C.

On y ajoute environ un centimètre cube d'ammoniaque et l'on complète exactement le volume de 200 centimètres cubes.

On ajoute de l'ammoniaque pour colorer légèrement le liquide en jaune clair, favoriser ainsi la polarisation et atténuer la teinte faiblement violacée donnée par l'acide salicylique avec la moindre trace d'un sel de fer.

Après avoir jaugé le ballon, on l'agite et on le laisse reposer quelques instants pour l'agiter à nouveau et la filtrer.

Le liquide filtré est ensuite examiné au saccharimètre dans un tube de 400 millimètres.

Le nombre de degrés ou de dixièmes de degrés lus sur l'échelle donne directement la teneur en amidon pour 100 grammes de pomme de terre essayés.

Influence du marc. — L'influence du marc de la pomme de terre sur le volume de liquide est absolument négligeable.

En effet, la pomme de terre renferme au maximum 3 0/0 de matières insolubles.

Admettons pour ces matières insolubles une densité de 1,6 : on aura pour 100 grammes de pommes de terre $\frac{3}{1,6} = 1^{cm^3},8$, un volume de $\frac{1^{cm^3},8 \times 5,376}{100} = 0^{cm^3},09$, soit à peine $0^{cm^3},1$ pour un volume de 100 cm³ et pour celui de 200 cm³ $\frac{0^{cm^3},1}{2} = 0^{cm^3},05$, volume absolument négligeable.

Pectine. — La pomme de terre contient toujours des matières pectiques, et comme il en passe un peu en dissolution, M. Baudry a trouvé qu'il fallait retrancher 0,2 0/0 de la teneur trouvée en amidon, d'après son procédé.

L'erreur due à la pectine est considérablement atténuée dans ce procédé, vu le pouvoir rotatoire élevé de l'amidon soluble (301,1, le sucre cristallisable étant 100).

Remarque. — Pour activer la désagrégation de la pulpe par l'ébullition en présence de l'acide salicylique et faciliter ainsi l'éclatement des cellules renfermant la fécule, on pourrait ajouter en même temps que l'acide salicylique ($0^{gr},5$) environ 2 grammes de chlorure de zinc et continuer les opérations comme il a été indiqué plus haut.

Dans ce cas, il ne faut pas ajouter de l'ammoniaque qui produirait alors une précipitation d'oxyde de zinc.

La liqueur filtrée est parfaitement claire et limpide. Le chlorure de zinc ne serait employé que comme désagrégeant et non comme dissolvant,

On retrancherait 0,35 0/0 d'amidon trouvé au saccharimètre, par suite d'une plus grande quantité de matières pectiques passées en dissolution, au lieu de 0,2 0/0 déjà indiqué.

Application du procédé à la sélection des pommes de terre. — Ce procédé, créé spécialement en vue de la sélection chimique des pommes de terre et de leur achat à l'analyse, permet, d'après Baudry, de faire chaque jour un millier (?) d'analyses avec l'aide d'un seul chimiste. Il suffit de prélever sur

chaque sujet environ 3gr,5 de pulpe pour en avoir exactement 3gr,221 et d'avoir à sa disposition des bains de sable pouvant recevoir environ 150 ballons.

Les opérations seront les mêmes que celles indiquées plus haut pour l'analyse d'un lot de pommes de terre. On devra se servir d'un saccharimètre ayant la division de 10 grammes de sucre.

Le prix de l'analyse d'une pomme de terre ne reviendra *qu'à quelques centimes*.

Le Dr Saare, dont le nom se présentera fréquemment sous notre plume dans le cours de ce travail, a formulé sur le procédé Baudry les remarques suivantes (1) que nous croyons de notre devoir de signaler :

L'espoir de pouvoir faire exécuter un millier d'analyses par jour est une pure présomption, l'auteur de la nouvelle méthode devrait substituer le chiffre 100 à celui de 1.000 ; en outre, la méthode n'est pas aussi sûre que le pense l'auteur. Voici les objections que nous avons à lui opposer :

D'abord, 10 tubercules d'un lot ne sauraient constituer un échantillon moyen. En second lieu, il n'existe pas, à notre connaissance, de râpe de laboratoire suffisamment perfectionnée pour permettre de préparer une pulpe très fine, exempte de semelles et de morceaux, dont la présence a pour effet de fausser la moyenne de l'échantillon. Supposé même qu'une râpe de ce genre existe, notre propre expérience nous permet d'affirmer qu'il n'en serait pas moins impossible de préparer un bon échantillon moyen, parce que la masse perd immédiatement son homogénéité.

En outre, le poids de 5gr,376, prélevé pour l'analyse, étant lui-même une fraction minime de l'échantillon total, déjà trop faible lui-même, augmente les chances d'erreur dans une mesure absolument hors de proportion.

(1) *Zeitschr. f. Spiritusind*, 1892, p. 42.

En troisième lieu, M. Baudry s'est-il assuré par l'observation microscopique que, même avec l'emploi du chlorure de zinc, tout l'amidon est réellement dissous et que les cellules n'en contiennent plus ?

Enfin, M. Baudry n'a pas tenu compte que les pommes de terre contiennent 0,4 — 3,4 0/0 de sucre (dextrose et sucre de canne), dont la déviation est beaucoup plus faible que celle de la fécule dissoute, et qui viennent par conséquent fausser le résultat de l'observation.

La méthode Baudry est certainement plus rapide que les autres ; mais il est douteux qu'elle soit plus exacte, voire même aussi exacte que les anciennes méthodes.

Il en est autrement si on applique cette méthode à l'analyse des fécules commerciales ; car ici tombent les objections qui précèdent.

CHAPITRE III

EXTRACTION DE LA FÉCULE DES POMMES DE TERRE

Emplacement de la féculerie

Le meilleur emplacement à choisir pour l'installation d'une féculerie est celui qui se trouve au centre des exploitations agricoles, son approvisionnement doit être assuré par des voies de communication nombreuses et faciles.

La superficie nécessaire à l'installation, qui varie naturellement suivant l'importance de l'usine, est au minimum d'un demi-hectare. Le bâtiment principal doit recouvrir 200 à 250 mètres superficiels et posséder un rez-de-chaussée et un premier étage d'égal développement. Le premier étage sera surmonté d'un comble facilement accessible pouvant servir, au besoin, de magasin pour les sacs de fécule. Le bâtiment sera construit un peu en surélévation, ce qui le protégera contre l'envahissement des eaux de pluie et favorisera l'écoulement des eaux résiduelles. Il n'est pas nécessaire, en la circonstance, d'édifier des constructions coûteuses ; de simples et bons abris suffisent.

Le bâtiment principal de l'usine comprendra :

1° Au rez-de-chaussée : une salle des appareils de lavage, râpage, tamisage, décantation et turbinage, et une salle con-

ditionnellement séparée de la précédente et affectée aux moteurs et à la chaudière à vapeur.

2° Au premier étage : une salle de blanchiment, d'étuvage, de blutage, de l'ensachage et un magasin.

3° Dans les combles : les bacs à eau ; la partie inoccupée serait utilisée comme magasin complémentaire.

Dans le bâtiment principal, au rez-de-chaussée, ou dans une dépendance attenante, il y a lieu de réserver un emplacement pour le bureau de la comptabilité et de la bascule, et une salle pour établir une forge et un laboratoire. Ce dernier occupe une place importante ; il constitue la base indispensable de toute exploitation agricole, si minime qu'elle soit.

Le reste du terrain sera occupé par les silos de pommes de terre, les fosses à résidus, le charbon, etc. Certains féculiers possèdent des hangars pour abriter leurs approvisionnements de pommes de terre ; cette précaution est excellente, car les pommes de terre ainsi abritées se conservent mieux, ce qui permet d'en obtenir un meilleur rendement sur la fin de la fabrication.

Réception des pommes de terre

Le féculier doit faire en sorte que, soit par marché, soit par convention, les livraisons de pommes de terre soient échelonnées sur deux mois, du 15 septembre au 15 novembre. Il évitera ainsi les ennuis de l'encombrement, il aura toutes facilités pour classer et ensiler convenablement les pommes de terre, enfin il aura l'avantage énorme de mettre en œuvre la moitié de son approvisionnement avant la fin de ses réceptions. Cette méthode, d'ailleurs, ne porte aucun préjudice aux fournisseurs, puisqu'ils peuvent procéder à l'arrachage aussitôt que la récolte aura atteint une bonne maturité, et laisser

leurs produits en tas recouverts de fanes sur les champs de production.

Les pommes de terre sont amenées au pont de bascule de l'usine qui en donne le poids brut. De là elles passent aux mains du tareur qui les place à l'endroit qu'il juge convenable en même temps qu'il délivre au livreur une fiche indiquant la tare à déduire pour la terre et les tubercules de mauvaise qualité, etc. Sur cette même fiche est consignée la variété qu'il a reçue. Le livreur, en repassant sur la bascule où il fait peser son véhicule, remet la fiche qui lui avait été délivrée.

En règle générale, à chaque réception les pommes de terre, seraient-elles des plus propres et des plus saines, sont taxées de 4 ou 5 kilogrammes de déchet par quintal. L'expérience montre que ce déchet existe toujours après le nettoyage complet des tubercules.

Comme en sucrerie, cette question de la tare n'est pas sans soulever parfois des récriminations. Dans ce cas, pour mettre les partis d'accord, on prélève sur la livraison 25 kilogrammes de pommes de terre, on les met avec la terre et les matières étrangères qui y adhèrent dans un baquet rempli d'eau aux trois quarts, on les lave avec une brosse ou un balai, on les laisse égoutter soigneusement, puis on les pèse une seconde fois. La différence entre les poids permet de fixer la tare à la satisfaction des deux partis. Cette opération demande un certain temps. Pour y remédier, M. le comte de Beaurepaire, industriel à Grivesnes (Somme), a imaginé un appareil qui pèse, lave et égoutte très rapidement.

C'est aussi à la réception des pommes de terre qu'on prélèvera des échantillons pour l'analyse. En payant les produits suivant leur richesse en fécule on encouragera la culture à rechercher les bonnes variétés industrielles, en même temps qu'elle avantagera le fabricant qui obtiendra beaucoup plus de fécule en manipulant moins de matière première. Pour l'analyse des pommes de terre, le procédé le plus pratique est

celui de MM. Aimé Gérard et Fleurent, que nous avons décrit plus haut.

Transporteur hydraulique

Certaines grandes fabriques ont adopté, depuis quelque temps, les caniveaux employés en sucrerie pour le *transport hydraulique* et le débourbage des betteraves. Les pommes de terre sont jetées dans deux caniveaux partant de l'endroit où elles sont conservées ; l'eau des caniveaux les entraîne jusqu'au laveur où elles arrivent après avoir subi dans leur parcours un lavage préliminaire assez énergique. Ce système, appliqué à la féculerie, a donné de bons résultats.

Les bases d'établissement du transporteur hydraulique sont les suivantes :

En admettant qu'on dispose de 10 litres d'eau pour véhiculer 1 kilogramme de pommes de terre, on comptera sur une pente minimum de $7^{mm},5$ par mètre dans les parcours droits, et de 10 millimètres par mètre dans les courbes ; les rayons de ces courbes ne devront pas être inférieurs à 2 mètres. Les caniveaux auront au minimum $0^{m},200$ de largeur, ils seront demi-sphériques dans le fond, sur $0^{m},250$ de hauteur totale intérieure.

Ces bases peuvent changer, mais il faut alors compter avec la quantité d'eau. Supposons que l'on dispose de 15 litres d'eau au lieu de 10 litres : la pente de $7^{mm},5$ pourra alors être ramenée à 5 millimètres, de même dans les courbes. Inversement, si l'on dispose d'une quantité d'eau moindre, la pente devra être plus grande et les rayons des courbes plus étendus.

On fait généralement une artère principale allant au laveur en sol ou à l'élévateur, puis on établit perpendiculairement à celle-ci d'autres artères que l'on isole avec des trappes en bois

ou en tôle, pour intercepter l'eau quand les caniveaux ne travaillent pas.

Ces artères qui se ramifient à la principale comme des cours d'eau à un fleuve, sont espacées les unes des autres d'environ 4 à 5 mètres, de façon à ce que l'ouvrier puisse jeter les tubercules dans les caniveaux à la main ou à la pelle à grille, c'est-à-dire sans le secours de la brouette.

Ces caniveaux sont construits de plusieurs manières ; les principaux sont généralement faits en maçonnerie et en sol recouvert de claies en bois ou de fortes tôles perforées. On fait aussi des caniveaux en bois ; l'extérieur a la forme carrée, et à l'intérieur on met un tasseau d'onglée dans les angles pour donner la forme demi-sphérique ; d'autres sont faits en tôle. Dans ce cas, les caniveaux sont au-dessus du sol et mobiles ; ils se déplacent comme une voie de chemin de fer Decauville. Les caniveaux aboutissent au laveur, une chaîne à godets y élève les pommes de terre. Ce travail n'exige presque pas de main-d'œuvre.

LAVAGE DES POMMES DE TERRE

L'opération suivante est le lavage qui consiste à débarrasser les pommes de terre de la boue qui y adhère (1), car autrement on obtiendrait une fécule souillée par la boue entraînée. Ce travail s'effectue à l'aide d'un débourbeur-laveur mécanique mû par la vapeur.

Le lavage des pommes de terre est le travail fondamental de la féculerie. Plus le lavage est soigné, plus les autres opé-

(1) Il reste adhérent à la surface des tubercules bien récoltés 9 à 10 0/0 de terre. Ce résultat mérite de fixer l'attention des fabricants de fécule qui achètent des pommes de terre.

rations seront faciles et meilleure sera la qualité de la fécule.

On a essayé de faciliter le lavage par l'adaptation de brosses au laveur, mais on s'est bientôt aperçu de l'inutilité de ce système, et l'on en est revenu aux laveurs primitifs qu'on a perfectionnés.

Le laveur doit être construit de telle sorte que les pommes de terre restent en contact avec l'eau aussi longtemps que possible pour détremper la terre qui y adhère ; les agitateurs, dont le laveur est muni, achèveront ensuite de détacher la boue. De là découlent les principes qui doivent guider le constructeur dans l'agencement du laveur, et qui se trouvent fort bien appliqués dans les appareils que nous allons décrire.

Marche de l'opération

Les pommes de terre sont amenées soit des silos, soit des voitures, à l'appareil laveur-débourbeur dont nous parlerons plus loin. On y jette les tubercules au moyen de pelles à grilles ; si elles étaient très propres on pourrait à la rigueur les porter en bloc dans le laveur ; mais cette façon de procéder cause des engorgements passagers qui enlèvent toute régularité au travail, surtout si l'usine n'est pas très importante.

Le laveur est placé au ras du sol, ce qui facilite son alimentation ; il reçoit l'eau de l'élévateur à hélice qui le suit immédiatement et avec lequel il est relié. Cet élévateur a pour but d'élever à la hauteur du deuxième laveur les pommes de terre mises en œuvre ; il présente l'avantage de poursuivre le lavage d'un laveur à l'autre, d'entraîner les tubercules même les plus petits et de faire la séparation des eaux propres et des eaux sales.

Cet appareil, introduit en sucrerie et en distillerie depuis de longues années, est employé en féculerie depuis 1892.

La figure 36 ci-dessus représente l'élévateur à hélice dans sa position inclinée ; la partie inférieure est enveloppée d'une trémie reliée avec le premier laveur-débourbeur, comme il a été dit plus haut.

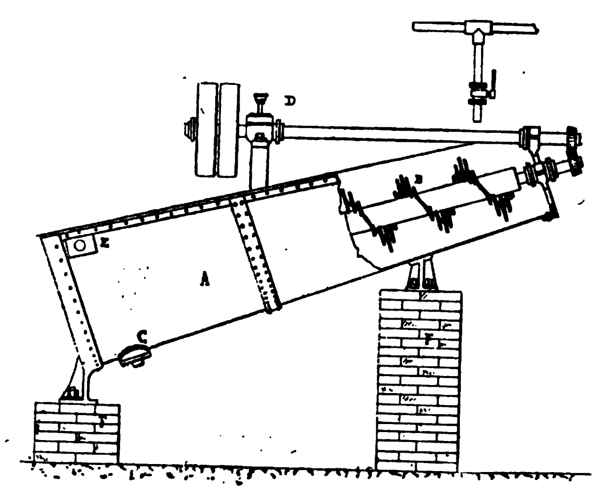


Fig. 36. — Elévateur à hélice (constr. Thomas à Compiègne).

L'ensemble de l'hélice repose sur un pas en acier : cette disposition, jointe à une rotation verticale, rend le fonctionnement de l'appareil très léger. Sur la moitié de la longueur de la partie supérieure on fixe un tuyau percé d'une ligne de petits trous qui laissent échapper l'eau que leur fournit un jet comprimé. Les pommes de terre sont ainsi arrosées pendant toute leur ascension par l'eau qui descend et gagne le laveur débourbeur qu'elle alimente. Le lavage est d'autant meilleur que le liquide parcourt l'appareil en sens inverse des tubercules qui rencontrent de l'eau de plus en plus propre à mesure qu'ils s'élèvent. L'évacuation des eaux de lavage se fait à l'entrée des pommes de terre par une vidange à guillotine placée au fond du premier laveur et qui laisse échapper à chaque ré-

volution de l'arbre du laveur une quantité déterminée d'eau boueuse. Le niveau de l'eau dans l'appareil est donc constant.

Dans ces conditions, trois hommes, voire même trois femmes peuvent suffire à alimenter une usine travaillant à raison de 3.000 kilogrammes à l'heure, lors même que les pommes de terre seraient à une distance de 100 mètres du laveur, le roulement s'effectuant sur des wagonnets d'une petite voie ferrée.

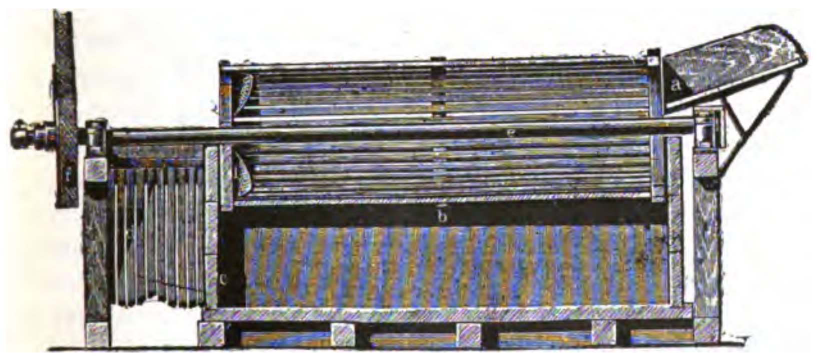


Fig. 37. — Laveur, ancien système.

A leur sortie de l'élévateur à hélice, les pommes de terre tombent dans un deuxième laveur. Celui-ci est garni de bras en bois disposés en hélice ; l'hélice ainsi formée possède un pas et, par suite, un écoulement déterminé et n'entraîne qu'une quantité déterminée de pommes de terre.

Description du laveur. — Le laveur est disposé comme suit :

En E est un cylindre demi-sphérique ; la première moitié de sa longueur est pleine, l'autrè percée de trous, forme faux-fond dans le compartiment aux boues. Ce compartiment est suffisamment incliné pour faciliter l'évacuation de la boue. La partie inférieure du cylindre est munie d'une tubulure garnie d'un registre étanche qui la ferme hermétiquement par le

moyen d'une articulation excentrée munie d'un levier à contrepoids.

A chaque rotation de l'appareil, une came relève, dans une mesure déterminée, le registre obturateur, par l'intermédiaire d'un sabot qui règle un volant à vis E manœuvré à la main. De cette façon, l'eau du laveur est renouvelée automatiquement dans la proportion nécessaire, et le niveau de l'eau dans l'appareil reste toujours constant. A l'autre extrémité du laveur, les tubercules se rendent dans le compartiment épierreur dont le faux-fond est en contre-bas. Dans leur chute, les tubercules mélangés de pierres subissent un triage. Les pierres, de densité plus grande, arrivent les premières dans l'épierreur et se déposent dans l'espace libre ménagé entre le fond du compartiment et les bras épierreurs. Grâce à cette disposition, les pierres s'arrêtent dans leur course, les pommes de terre seules étant saisies par le mouvement des bras. Un regard ménagé dans l'about du laveur donne accès au compartiment au-dessus et au-dessous du faux-fond et permet de le nettoyer. L'eau nécessaire à ce laveur doit provenir du trop-plein des bacs des pompes à eau de l'usine et être distribuée en tête de l'appareil de façon à suivre une marche inverse de celle des tubercules. Les pommes de terre ont traversé ainsi trois appareils de lavage placés à la suite l'un de l'autre, et dans chacun d'eux elles ont rencontré une eau propre et toujours renouvelée. En supposant 60 0/0 de terre adhérente (qui est le maximum), elles sortiront de là très propres, sans avoir été ni broyées, ni froissées.

La figure 38 montre dans son ensemble le laveur que nous venons de décrire.

Servo-peseur contrôleur. — Cet appareil, dont le titre indique assez le rôle, reçoit les pommes de terre à leur sortie du deuxième laveur. Il se compose d'un cylindre à trois compartiments dont l'un est toujours dans une position telle qu'il peut recevoir les pommes de terre et l'autre les déverser dans

le désagrégeur-rinceur. Le cylindre repose sur des couteaux semblables à ceux qui entrent dans la construction de la bascule ordinaire ; un poids déterminé J lui fait équilibre. Aussitôt que les pommes de terre ont atteint dans le cylindre le poids voulu, la benne rotative commence son mouvement descendant qui la force à échapper d'un taquet B. Mais le poids de pommes de terre atteignant son maximum au delà du centre de l'appareil vers le désagrégeur, il en résulte que la benne échappée de son taquet tournera et déversera son contenu dans le désagrégeur.

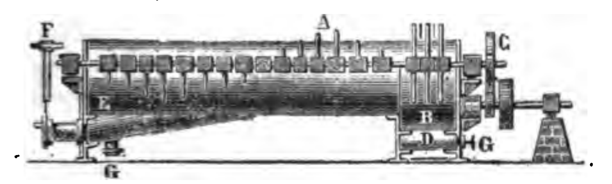


Fig. 38. — Laveur, constr. Thomas à Compiègne.

Allégée, la benne reprend instantanément son mouvement ascendant, rencontre de nouveau le taquet B et se retrouve dans la position voulue pour recevoir une nouvelle charge de tubercules. Trois autres petits taquets viendront faire jouer une bielle d'un compteur enregistreur. On obtient ainsi, sans aucune main-d'œuvre, l'enregistrement de toute la masse des pommes de terre passant à la râpe. Ce contrôle est indispensable pour apprécier les rendements et pour déterminer à chaque instant le travail accompli dans l'usine.

La figure 39 représente le servo-peseur contrôleur construit par la maison Thomas, à Compiègne.

Désagrégeur-rinceur. — Cet appareil a pour but de parachever dans toute sa perfection le lavage des tubercules. Il arrive, en effet, que certains tubercules récoltés en terres fortes sont enveloppés d'une couche de terre tellement adhé-

rente qu'il serait presque nécessaire de les prendre un par un pour enlever à la brosse les impuretés qui ont pu se loger dans les cavités ou les yeux des pommes de terre. Dans cet appareil, celles-ci sont débarrassées des dernières traces de matières étrangères et, grâce à sa rotation par hélice, elles sont conduites à la râpe régulièrement et automatiquement, quelle que soit la quantité admise. Or, cette régularité d'admission permet d'obtenir un râpage ménagé et parfait.

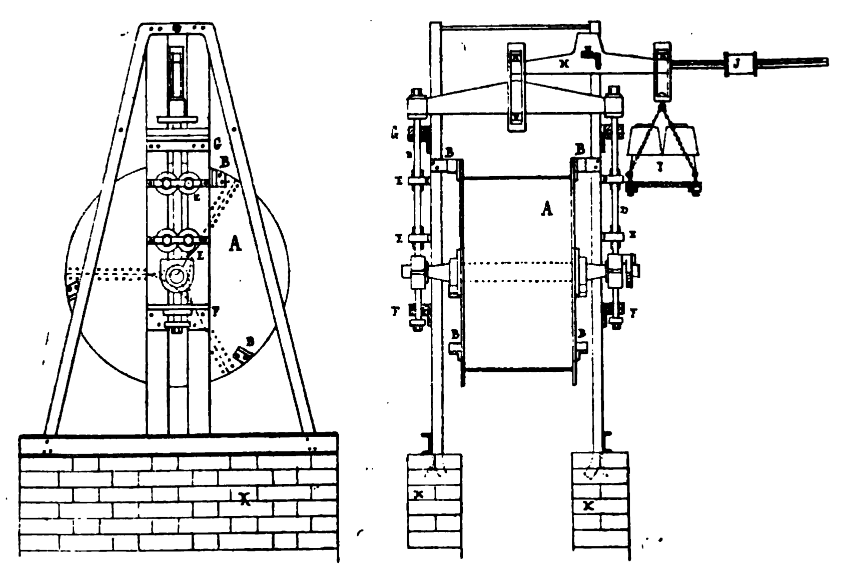


Fig. 39. — Servo-peseur contrôleur. Constr. Thomas à Compiègne.

Le désagrégeur (fig. 40) se compose d'une cuve demi-sphérique dont la partie inférieure C est établie sur un plan incliné dans le sens de la longueur. L'arbre central, armé de bras disposés en hélice, traverse la cuve sous un angle moins incliné que celui du fond de l'appareil, de manière à laisser plus d'espace à la partie inférieure entre l'arbre et le fond. Les pommes de terre venant du servo-peseur contrôleur sont dé-

versées dans le bas de l'appareil. Celui-ci étant incliné, les tubercules s'amasseraient à l'endroit même de leur chute sans l'hélice qui les force à s'élever en se frottant énergiquement les uns contre les autres. Les graviers et la terre provenant de ce nouveau nettoyage tombent au fond du rinceur en vertu de leurs poids et sont éliminés par la vidange C. Enfin, la paille, les herbes, etc., sont saisies par les bras où elles s'enroulent ; les pommes de terre sont ainsi complètement séparées des matières lourdes ou flottantes qu'elles avaient entraînées avec elles. Un filet d'eau débouchant dans le haut de l'appareil lave les tubercules pour la quatrième fois : ceux-ci sont alors prêts pour le râpage.

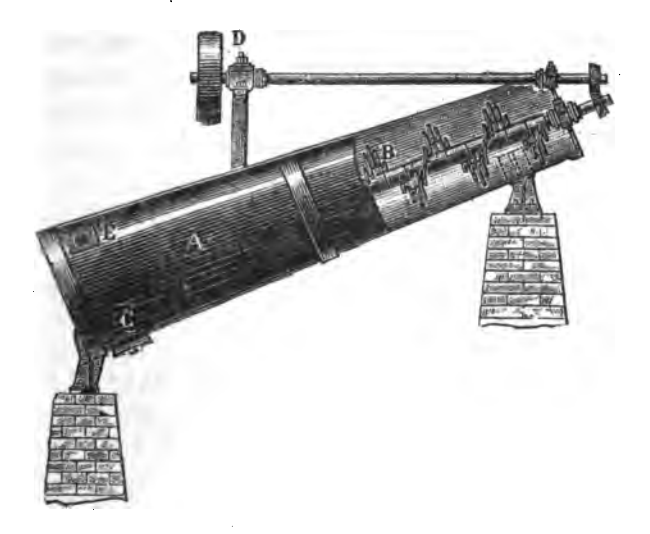


Fig. 40. — Désagrégeur-rinceur (constr. Thomas).

Nous avons insisté un peu longuement sur ces opérations préparatoires au travail définitif des tubercules ; mais ces opérations sont d'une réelle importance et méritent toute l'attention du féculier qui tient à faire de beaux produits.

* * *

Pour le lavage des pommes de terre, Zacharias, à Stolp (Allemagne), a construit un laveur à la fois simple et très commode. Un arbre de 1m,30 de long et de 25 millimètres de section, porte à sa partie inférieure un tambour terminé par un cône constitué par des tiges de fer rondes de 10 millimètres de section, distantes de 20 millimètres. Le diamètre supérieur du tambour est de 400 millimètres, sa partie cylindrique a 350 millimètres de long et la partie cônique 150 millimètres. Un tuyau d'eau de 20 millimètres de section est dirigé par le haut sur les pommes de terre chargées dans le tambour. Si l'on imprime au tambour un mouvement de rotation pas trop rapide, en ouvrant le robinet d'arrosage par le dessus, les pommes de terre sont parfaitement lavées après quelques tours du tambour.

Rapage des pommes de terre

Le râpage des pommes de terre a pour but de les transformer en une pulpe fine et homogène dans laquelle on doit rencontrer le moins possible de semelles ou segments cellulaires qui ne soient parfaitement divisés et déchirés. Plus ce déchiquetage est complet, plus le travail ultérieur sera facile et meilleur sera le rendement. Les grains de fécule de la pomme de terre étant invariablement emprisonnés dans les cellules, il n'y a que les grains réellement détachés de leurs cellules qui puissent être extraits de la pulpe, et pour cela il faut que les membranes intercellulaires soient bien ouvertes et divisées. Toute cellule qui échappe à ce déchirement pendant

le râpage occasionnera par conséquent une perte correspondante en fécule.

Dans la petite féculerie, le râpage est effectué avec une machine à bras ; dans la féculerie en grand, on fait usage d'appareils mus à la vapeur qui opèrent successivement le râpage et le lavage de la pulpe. La machine à bras se compose d'un tambour cylindrique, dont la surface est transformée en râpe ; ce tambour repose dans un cylindre d'un plus grand diamètre, surmonté d'une trémie, et reçoit son mouvement d'une manivelle fixée à son axe. Les pommes de terre passent de la trémie sur la râpe, la pulpe glisse le long d'un plan incliné dans des wagonnets qui la transportent aux tamis. La râpe est arrosée par un jet d'eau continu ; on évite ainsi tout engorgement par la pulpe. Le tambour est construit en fer forgé ; des stries sont pratiquées sur sa surface avec un instrument tranchant en acier, de façon à former une râpe au moyen des aspérités produites par le métal en saillie sur la surface du cylindre.

Il est difficile d'indiquer exactement le degré de division qui convient le mieux ; ce n'est que par la pratique qu'on peut s'en rendre compte.

Si l'on veut se faire une idée exacte du mode de division des pommes de terre, on verra de suite que les râpes à dents de scie sont celles qui atteignent le mieux le but qu'on se propose. La raison en est que les pommes de terre, en passant devant les dents de scie, sont effectivement déchiquetées, ce qui exclut une division trop fine.

La finesse de la pulpe dépend en premier lieu de la finesse des dents de la râpe ; plus celles-ci sont petites et rapprochées, plus le râpage sera parfait. Mais la finesse des dents a une limite au delà de laquelle le rendement de la râpe et la durée des lames seraient trop faibles. L'expérience montre qu'on peut sans inconvénient donner aux dents un écartement de 1 millimètre, à condition toutefois que les lames soient

de bon acier, assez épaisses et à dents bien régulières.

L'emploi des râpes à dents de scie exige l'emploi de tambours rigoureusement cylindriques, ces râpes ne produisant tout leur effet utile qu'autant que les lames soient toutes à une égale distance du centre du tambour. Celui-ci doit donc être bien équilibré.

Le travail de la râpe est d'autant meilleur que son mouvement de rotation est plus rapide ; mais ici ce n'est pas le nombre de tours à la minute, mais le chemin parcouru par la périphérie du tambour qui doit servir de base. Si nous supposons deux râpes dont l'une a un diamètre de 250 millimètres et l'autre un de 500, et tournant avec un même nombre de tours à la minute, il ne faudrait pas croire que la deuxième râpe fournira un travail double de la première parce qu'elle est deux fois plus grande, ni que la première ferait un travail égal à celui de la deuxième si on lui donnait une vitesse double de celle de cette dernière.

On peut poser en principe que le travail de deux râpes à tambours de diamètres différents est proportionnel (avec un égal nombre de tours), aux diamètres de leurs tambours. En pratique, les râpes à grand tambour doivent avoir la préférence.

Le rendement des râpes dépend encore de l'espace libre correspondant à l'ouverture de la base de la trémie sur le tambour et des dimensions utiles du pousseur. Il est clair qu'une râpe fournira d'autant plus de travail utile que les dents de scie attaquent plus de tubercules à la fois.

Il est très important que l'angle formé par la cloison de la trémie et la périphérie du tambour soit aussi petit que possible, afin que les tubercules soient en quelque sorte emprisonnés entre la cloison et la périphérie de la râpe pour bien se prêter à l'action de cette dernière. Cet angle, que nous appellerons *angle d'attaque*, sera d'autant plus petit que le diamètre du tambour sera plus grand.

Construites d'après les principes ci-dessus, les râpes répondent à toutes les exigences, c'est-à-dire qu'elles fournissent une pulpe si fine qu'il devient alors facile d'en extraire la fécule par tamisage.

Premier rapage

Les râpes les plus employées en France sont la râpe Champonnois, construite et perfectionnée par Paul Barbier, et la râpe Joly, construite par la maison Thomas à Compiègne, qui y a apporté d'heureux perfectionnements.

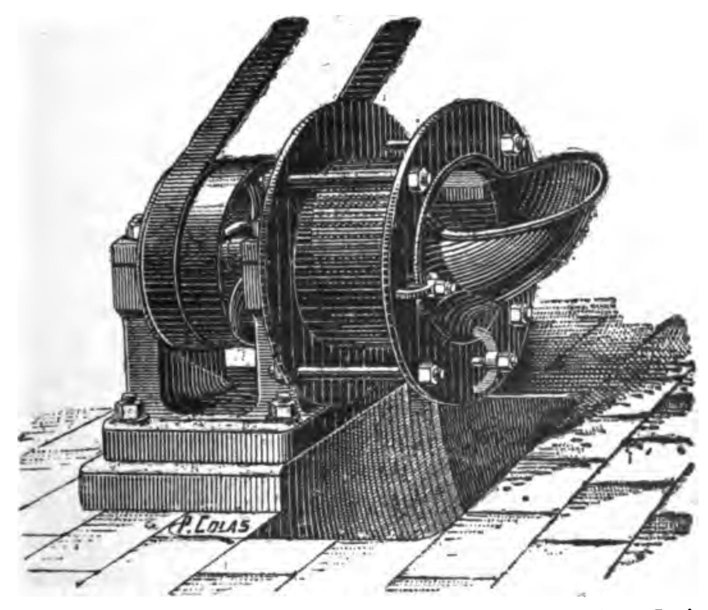


Fig. 41. — Râpe Champonnois, perfectionnée par M. Paul Barbier, Paris.

Râpe Champonnois. — Dans cette râpe (fig. 41) les pommes de terre sont projetées par la force centrifuge contre une sur-

face râpante fixe. La râpe est constituée par un tambour cylindrique formé de liteaux en fer, entre lesquels se trouvent des lames en acier dont les deux rives longitudinales sont dentées comme une scie. Ces lames sont disposées suivant les génératrices équidistantes et normalement à la surface cylindrique du tambour qu'elles forment. Eu outre, elles sont montées une à une et par groupe entre des barrettes ou liteaux parallèles laissant entre eux des ouvertures équidistantes ou *lumières* qui font que le tambour est à claire-voie. Ces lumières se trouvent entre chaque paire de liteaux serrant une lame, lorsque ces lames sont montées une à une. Elles séparent les liteaux par groupe de trois à trois, lorsque le montage des lames se fait deux à deux, et ainsi de suite pour des montages de lames de 3, 4, 5, etc., à la fois. Pour fixer deux liteaux de manière à laisser une lumière, il y en a un qui porte quatre petites saillies, qui viennent s'appuyer sur la face de l'autre liteau et qui les tiennent à une certaine distance l'un de l'autre ; tandis que les liteaux qui forment groupe ont leurs deux faces lisses entre lesquelles on interpose les lames et, par conséquent, ne laissent pas d'ouvertures. Ces lames dentées font saillie à l'intérieur du tambour.

Cette râpe cylindrique est assujettie à un bâti en fonte muni de deux paliers qui reçoivent un arbre horizontal en fer sur lequel est calée une palette qui, par son mouvement de rotation rapide, fait frotter les tubercules contre la surface dentée du cylindre et les réduit ainsi en pulpe.

Le tambour fixe qui porte les lames est fermé par deux fonds situés parallèlement dans des plans verticaux. L'un d'eux se réduit à une plaque annulaire, dont la largeur est à peu près égale à la hauteur de la fourche formée par la palette ; toute cette partie est libre et forme le débouché d'un canal recourbé par lequel les tubercules arrivent d'une façon continue dans l'intérieur du tambour fixe.

La vitesse de rotation des branches de la fourche entraîne

les tubercules et les presse contre la surface interne du tambour. Elles sont déchirées par les lames et sortent par les intervalles vides ménagés sur la périphérie du tambour.

Les râpes du premier râpage doivent être, quelle que soit l'importance de l'usine, d'un diamètre supérieur (jamais inférieur) à 0,500.

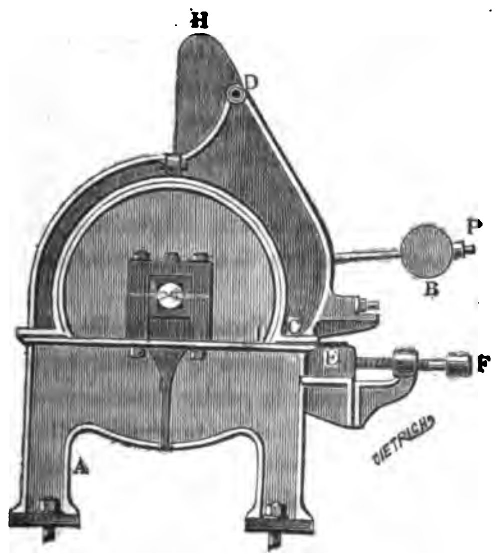


Fig. 42. — Râpe Joly, modifiée par M. Thomas à Compiègne.

Râpe Joly. — Dans la râpe Joly, l'attaque de la pomme de terre se fait en dessous de l'axe I. Cette disposition indispensable ne permet pas à la pomme de terre de rouler contre le tambour et, quelle que soit sa grosseur, elle descendra au fur et à mesure qu'elle sera entamée par les dents ; les grands diamètres sont donc préférables. Le volet C, ou première pièce d'approche, touche pour ainsi dire la denture, ce qui donne un rapprochement tel des matières qu'il est impossible de faire des *talons* ou *semelles*. Le volet C est mobile, grâce à la

charnière D. Supposons qu'un corps étranger (bois, fer, pierre) se soit introduit dans la râpe : aussitôt qu'il sera en contact avec elle, le volet reculera. Celui-ci, en effet, n'est équilibré que par un contrepoids capable de résister à l'effort qu'exige le râpage des tubercules et non à celui que développerait le broyage d'un caillou ou d'un morceau de fer. L'ouvrier n'a plus qu'à lever le volet et à retirer le corps étranger sans qu'il ait besoin d'arrêter la râpe.

Une seconde pièce d'approche E, en bois dur, est fixée en coulisse de façon à pénétrer de quelques centimètres dans le tambour. Elle touche les dents et sert à appliquer une deuxième fois la matière râpée au bas du volet. Cette pièce d'approche est munie d'une vis de rappel qui permet de l'avancer et de la reculer. Elle peut, grâce à cette disposition, toucher constamment la denture et suivre dans sa révolution la périphérie du tambour.

La râpe est encore munie d'une autre pièce d'approche qui affecte la forme d'un cintre percé d'ouvertures rectangulaires et qui ferme complètement la partie inférieure du bâti de la râpe ; il sert à effectuer le premier tamisage de la râpure. Cette pièce d'approche doit, comme les autres, presque toucher la denture ; sans cette précaution, elle ne ferait que bourrer la râpe et n'aurait plus aucun effet utile.

Les tambours de râpe exigent la plus grande symétrie ; il faut, en effet, pouvoir les retourner et les faire travailler en sens inverse quand la denture aura été légèrement couchée. Un jet d'eau est nécessaire en H', au-dessus de la râpe, c'est-à-dire au point où les tubercules descendent à la râpe.

La plupart des féculeries de France et de l'Etranger ont adopté, au moins en principe, les deux genres de râpes que nous venons de décrire. Mais les améliorations du volet, de la plaque d'approche, de la plaque à tamis sont loin d'être appliquées partout.

La râpe doit être installée au-dessus ou contre la fosse à

râpure ; les matières (eaux, pulpes, mousses) tombent directement dans la fosse et l'on évite ainsi le gâchis, les pertes de matière par transport et aussi les frais de manutention inutile. Cette fosse doit être en pente ou concave pour faciliter l'aspiration de la pompe et éviter les dépôts.

*
* *

Saare fait mention (1901) de la râpe à pommes de terre du D[r] Malinsky à Ronow, près Pribyslav (Bohême). La caractéristique de cette râpe est qu'elle est munie de deux pièces d'approche qui sont à une certaine distance l'une de l'autre ; l'espace compris entre les deux pièces se remplit de pulpe dont la masse agit également comme poussoir. Des essais comparatifs faits avec cette râpe, dont le tambour a un diamètre de 600 millimètres, et une râpe ancienne combinée avec une meule, ont démontré que la râpe de Malinsky fait à elle seule le même travail que celui fourni par une râpe ordinaire de 450 millimètres et une meule combinée. Elle exige une force de 3 chevaux. Il s'ensuit que cette râpe permet d'économiser de la force motrice, vu que la meule en absorbe autant que la râpe elle-même, et en outre elle permet de supprimer la meule. L'entretien de la râpe Malinsky n'est pas plus coûteux que celui d'une râpe ordinaire.

Ces résultats ont été pleinement confirmés dans de nouvelles expériences qui ont été entreprises pendant la campagne 1901-1902.

La pulpe produite par la râpe est un mélange qui se compose du suc végétal dilué dans l'eau, des grains de fécule mis à nu, de la substance cellulaire et autres débris provenant du tissu de la pomme de terre ; les cellules que la râpe n'a pu ouvrir renferment encore des granules amylacés.

Pour séparer la fécule de la pulpe, on emploie différents systèmes de tamis, dans lesquels la pulpe est traitée par l'eau courante. Par ce traitement, les grains de fécule passent à travers les mailles des tamis, tandis que les débris de cellule, la pulpe, s'y trouvent retenus.

Nous reprenons la marche des opérations avec les appareils actuellement employés dans les féculeries bien installées.

Premier tamisage de la pulpe

Une pompe à matière fait passer la pulpe de la râpe en tête des tamis extracteurs. Nous disons en tête des tamis et non du tamis. C'est qu'en effet, nous prenons comme base d'opération une quantité moyenne telle qu'un seul tamis serait insuffisant. On doit compter au minimum 5 mètres carrés de surface tamisante par 1.000 kilogrammes de pommes de terre râpées : une usine qui râpe 3.000 kilogrammes de tubercules à l'heure aura donc besoin de 3 tamis représentant ensemble une surface de 15 mètres carrés. Il sera prudent d'établir en outre à l'arrivée des tamis un bac d'attente pour éviter les coups de pompe, et trois évacuations desservant séparément les trois appareils et leur distribuant des quantités égales de matières.

On a créé des tamis de tous les genres. Les plus simples ressemblaient aux cribles pour le sable, ils étaient suspendus en balance par des cordes. Il y a le tamis à fond plat avec agitateur rotatif, le tamis carré ; celui à 6 et 8 pans ; les tamis à grand diamètre, à tout petit diamètre, à secousses, à brosses rotatives, etc. Un des tamis les plus répandus est le tamis rotatif à danaïdes, à petit diamètre et à faible longueur. Le grand diamètre qui, en théorie, paraît meilleur puisque sa surface tamisante est plus grande, présente l'inconvénient de provoquer la formation des mousses et d'un boudin compact

par suite de la longueur de trajet des matières en mouvement. Un mètre de longueur et $0^m,30$ de largeur suffisent au tamis extracteur. Quand les organes de ces appareils sont soigneusement établis, la première séparation possible se fait après un parcours d'environ $0^m,50$; le boudin de pulpe se forme alors et à besoin, pour être tamisé à nouveau, d'une seconde agitation et d'un deuxième délayage. C'est donc pour chaque tamis quatre opérations semblables et successives, soit pour les trois tamis douze opérations dont chacune implique à son tour deux sous-opérations de relavage et de réagitation. Ainsi compris, un premier tamisage présente toute l'énergie nécessaire et ne donne pas de mousse qui constituerait une entrave pour le travail.

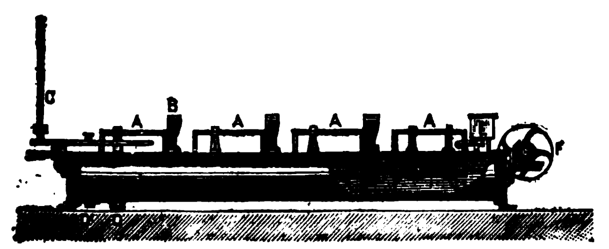


Fig. 43. — Tamis extracteur (M. Thomas, à Compiègne).

Les organes extracteurs sont munis d'organes essentiels à leur bon fonctionnement. En A (fig. 43) nous avons d'abord les carcasses (des tamis) qu'un homme peut facilement démonter en deux morceaux : cette disposition est indispensable puisque toutes les dix heures en moyenne il faut remplacer les carcasses de tamis par d'autres qu'on vient de décrasser.

La matière féculente passe aux tamis de toile n° 40 à 50 et tombe dans le bac G. Un auget d'entre-deux H reçoit de chaque compartiment tamiseur la matière qui reprend la da-

naïde B pour l'introduire de nouveau dans les compartiments tamiseurs qui suivent.

La tubulure D servira de sortie à la matière féculente, la tubulure D' à la pulpe. Au-dessus de chaque auget se trouve un robinet à eau claire. Sur chaque carcasse de tamis A est fixé un tuyau horizontal percé de petits trous longitudinaux qui arrose la toile tamisante. La pression de l'eau doit être assez forte pour lui permettre d'atteindre à l'intérieur du boudin de la pulpe. A l'intérieur des carcasses on remarque sur l'arbre central une équerre à œil dont la branche pendante est équilibrée de façon à conserver sa position verticale ; la partie horizontale est armée, à son extrémité, d'une brosse mobile qui agit continuellement sur la périphérie du cylindre tamisant.

De ce qui précède on peut conclure que ces organes sont indispensables. L'absence de l'un d'eux ou son mauvais établissement peut entraîner de graves inconvénients et rendre l'extraction mauvaise.

Deuxième rapage

Dans les usines à grande fabrication, un deuxième râpage est nécessaire. S'il existe, le premier râpage ne demande pas à être aussi parfait. Le second râpage, en effet, effectue une deuxième division de la matière travaillée, un relavage et un retamisage complet. La pulpe atteint alors une ténuité extrême qui permet d'obtenir une séparation absolue de la matière amylacée. Mais, pour réaliser cette dernière perfection, il est nécessaire de compléter les râpes décrites pour le premier râpage par un appareil spécial consistant en un moulin diviseur tamiseur (fig. 44). Cet appareil a des analogies avec la

râpe Champonnois en ce sens que la matière est admise à l'intérieur au lieu de l'être à l'extérieur.

La pulpe, sortant du tamis extracteur, rentre dans le moulin en C par la tubulure B (fig. 44). Elle y est agitée, triturée par des batteurs articulés E. (Ceux-ci sont articulés pour leur permettre de se coucher à la rencontre d'un corps étranger qui pourrait briser les organes de l'appareil).

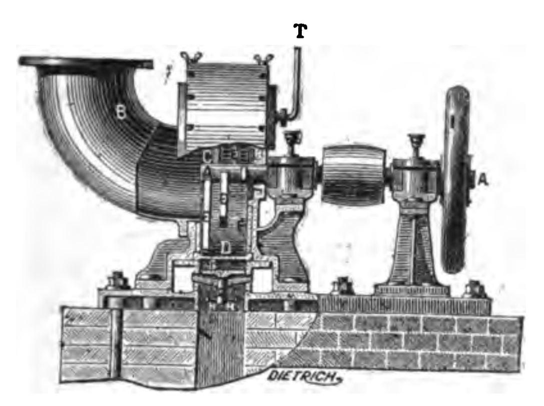


Fig. 44. — Moulin pour le repassage de la pulpe. Constr. Thomas à Compiègne.

La surface intérieure est aux deux tiers garnie de lames ordinaires laissant entre elles un jour plus ou moins grand suivant les besoins ; l'autre tiers est armé de barrettes triangulaires en acier chromé également espacées. La forme triangulaire de ces barrettes fait qu'elles présentent toujours une arête aiguë à la matière. Les côtés circulaires latéraux sont garnis de disques à rayons saillants comme dans les meules de moulin. Une cavité G en contre-bas de la section périphérique forme un compartiment épierreur accessible aux petits corps étrangers.

Le tuyau T amène un jet d'eau claire qui aide la pulpe à passer entre les claies de l'appareil.

En quittant le moulin, la pulpe est dirigée soit par un plan incliné à 45°, soit par une pompe, vers le deuxième jeu de tamis extracteurs. Ces tamis sont à surface plane et à secousses. La figure 45 en donne une idée complète.

En A, dans une coulotte longitudinale desservant une série de tamis placés côte à côte, arrive la matière à tamiser. Une valve, visible dans la coulotte, permet de régler pour chaque compartiment la quantité qu'il doit travailler. La matière se répand sur toute la surface B d'un tamis mobile, encadré et suspendu librement en G. Des cames à deux effets, fixées sur l'arbre, actionnent les tamis B que le ressort M amène toujours en F. L'arbre F tournant à raison de cent tours par minute, on a ainsi deux cents pulsations du tamis dans le même laps de temps ; c'est le minimum de vitesse qu'on puisse avoir. Un tuyau J, d'une longueur égale à celle des tamis et animé d'un mouvement de va-et-vient, arrose la masse et la divise, forçant la fécule à traverser une toile dont le numéro varie entre 60 et 80. La fécule est alors reçue par un bac D, tandis que la pulpe, après son épuisement, se rend d'abord à l'extrémité du tamis légèrement incliné dans la coulotte C, puis dans la fosse-citerne. C'est de là qu'elle sortira pour alimenter les bestiaux ou pour subir un nouveau traitement industriel dont nous parlerons plus loin.

L'eau fournie par un robinet placé à la partie supérieure de la coulotte A active la marche des opérations.

Dans ce genre de tamis il est indispensable d'avoir $2^{m},50$ de surface tamisante pour 1.000 kilogr. de pommes de terre râpées. Ils devront être placés au rez-de-chaussée et non en surélévation, pour que leurs pulsations n'ébranlent pas trop les bâtiments. En sortant des tamis extracteurs du premier et du second râpage, la fécule passe au tamis épurateur dont nous allons indiquer le rôle.

Les produits arrivent à la gauche du tamis dans un cornet. Une toile n° 80 à 100, par conséquent plus fine que les précé-

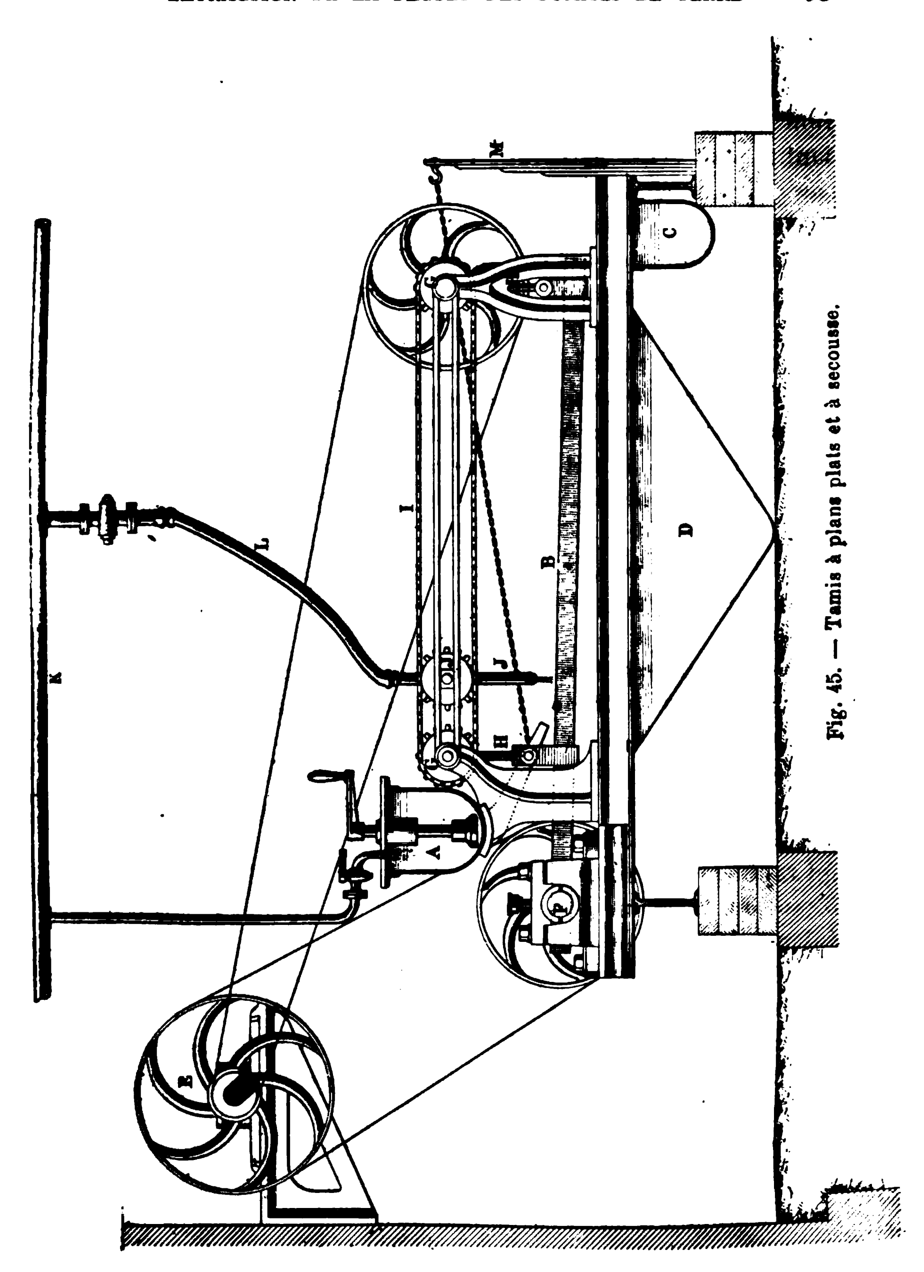


Fig. 45. — Tamis à plans plats et à secousse.

dentes, retient encore les petits sons et une partie des corps gras des eaux de végétation. Ces corps gras, grâce à une agitation continuelle, ont produit une mousse dont la grande quantité peut gêner le travail. Pour obvier à cet inconvénient et au graissage des toiles de tamis par ces mêmes mousses, il est nécessaire de fixer en dehors et en dedans du tamis des pluies longitudinales qui nettoieront le tamis et lui conserveront son rôle d'épurateur. L'eau d'intérieur arrive au centre en C ; celle d'extérieur en D. Les deux tuyaux sont munis d'un robinet qui règle le débit de l'eau.

La fécule épurée tombe dans le bac A d'où elle sort par la tubulure E ; les petits sons se rendent dans un compartiment séparé du même bac et vont rejoindre, par la tubulure F, la pulpe épuisée dans la citerne des deuxièmes tamis extracteurs.

De ce qui précède, il résulte que nous avons maintenant de la fécule à peu près exempte de pulpe et de matières étrangères.

Faisons remarquer en passant que les toiles de tamis doivent être remplacées toutes les douze heures par d'autres toiles soigneusement nettoyées et brûlées.

Nettoyage des tamis. — O. Ruprecht a pris un brevet qui a pour but d'assurer la propreté des tamis de féculerie. Les matières albuminoïdes des matières mises en œuvre produisent rapidement l'obstruction des mailles des tamis, et jusqu'à présent on ne connaissait aucun moyen pour éviter cet inconvénient. D'après le brevet ci-dessus, on laisse sécher les tamis, puis on les place verticalement et on les brosse simultanément sur chaque face avec de l'acide chlorhydrique brut, on termine par un rinçage à l'eau ; on les abandonne à eux-mêmes pendant trois ou quatre heures ; ils sont alors prêts à être employés de nouveau.

Saare a trouvé (1898) des cas où les tamis fins employés dans la fabrication de la fécule se sont obstrués par la forma-

tion d'un dépôt qu'il fut impossible d'enlever par lavage. L'analyse de ce dépôt a montré qu'il se composait de 53-81 0/0 de matières organiques, surtout albuminoïdes, et de différentes proportions de cendre, contenant des sels de chaux et du phosphate de fer. La matière organique provient de résidus plasmiques des cellules de pommes de terre, et le fer de l'eau employée. Saare a trouvé que le seul réactif efficace pour enlever ce dépôt sans endommager le tamis est la soude caustique, appliquée en solution à 2 0/0. Celle-ci attaque la matière organique et dissout le dépôt qu'on enlève ensuite au moyen d'une brosse.

TAMIS HEXAGONAL A CADRES MOBILES ET A ARROSAGE INTÉRIEUR ET EXTÉRIEUR, SYSTÈME P. BARBIER A PARIS.

Cet appareil, appelé aussi tamis cylindrique, mais improprement, consiste en un châssis à six pans sur lesquels sont tendues des toiles métalliques. Le tamis est installé au-dessus d'un bassin en ciment ou d'une caisse en bois, remplie d'eau, de manière à ce que sa partie inférieure baigne constamment dans l'eau. La pulpe introduite dans le tamis vient tremper dans l'eau au fur et à mesure qu'il tourne sur lui-même, remonte avec le tamis pour y retomber encore, en même temps qu'elle est transportée insensiblement vers l'extrémité opposée.

Le tamis est arrosé à la fois à l'intérieur et à l'extérieur. On avait reconnu depuis longtemps la supériorité des tamis à arrosage intérieur; mais la difficulté de construction de ces tamis avait fait donner la préférence aux tamis cylindriques, malgré leur infériorité manifeste. Les tamis à surface polygonale, commandés soit à une extrémité, soit au milieu, se disloquaient rapidement. M. Barbier a obvié à ces inconvé-

nients en commandant son tamis aux deux extrémités et en

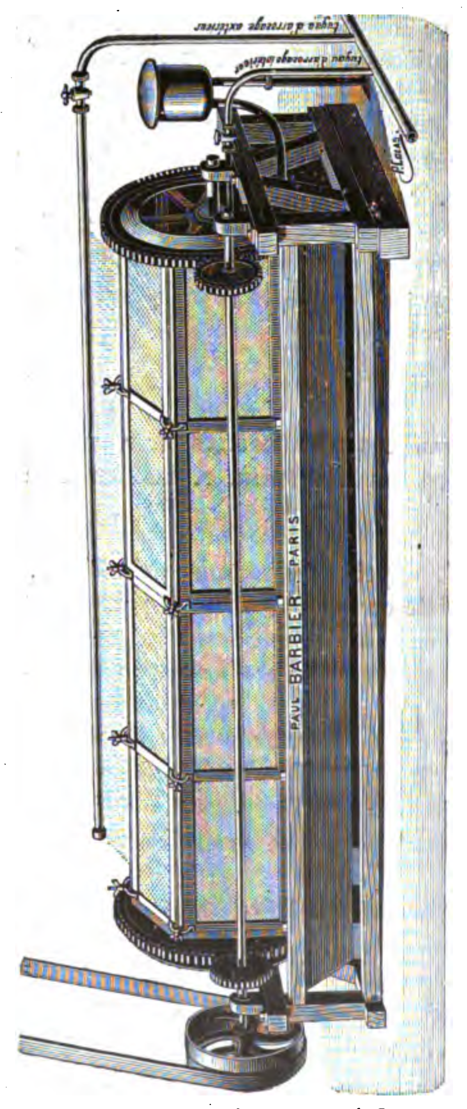


Fig. 46. — Tamis cylindrique, syst. Paul Barbier à Paris.

le faisant supporter par un arbre central fixe, sous lequel est

placé le tuyau d'arrosage intérieur. Les cadres sont mobiles, fixés sur le cylindre par des griffes ; leur démontage est facile et rapide. La toile métallique, parfaitement tendue et bien maintenue sur ses cadres, a une durée plus que double que dans les autres systèmes de tamis.

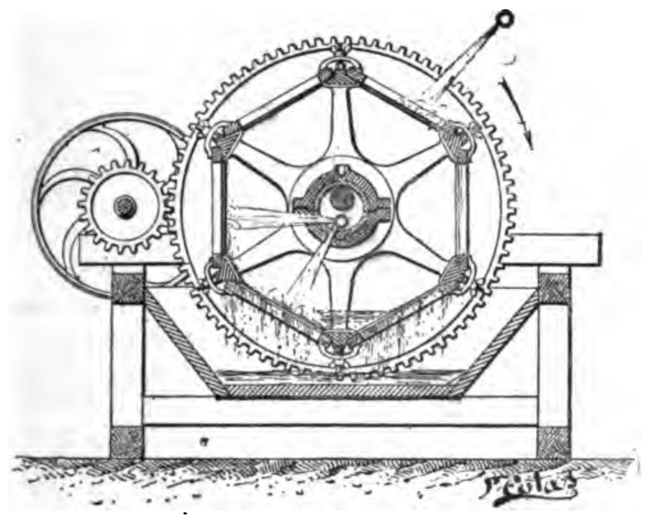


Fig. 47. — Tamis cylindrique. Vue en coupe.

Les grains de fécule traversent le tamis et restent en suspension dans l'eau. La pulpe sort automatiquement à l'extrémité de l'appareil.

Ici se termine l'extraction proprement dite de la fécule. Avant d'aborder l'étude du raffinage et du séchage, nous croyons utile d'examiner rapidement les autres systèmes de tamisage employés soit en France, soit à l'étranger.

Etude des principaux systèmes de tamisage

Nous commencerons par les appareils anciens qui se distinguent par leur simplicité et leur bon marché et dont quelques-uns sont encore en usage.

TAMIS-LAVEUR DE SAINT-ÉTIENNE AVEC RAPE DE THIERRY

Les figures 48 et 49 représentent un tamis-laveur combiné avec une râpe de Thierry. La râpe consiste en un cylindre de $0^m,50$ de diamètre et de même longueur ; ce cylindre est armé de lames de scie en acier laissant entre elles un espacement de $0^{cm},50$; il exécute 600 à 900 tours par minute. Dans les figures ci-dessus, le cylindre de la râpe se trouve en *b*, le plan incliné sur lequel glissent les pommes de terre en sortant du laveur, en *a*. La pulpe tombe dans la trémie *c*, et de là, à travers la soupape *d* dans le tamis laveur de pulpe.

Ce laveur a été inventé par Saint-Etienne. Il se compose d'un cylindre en toile métallique monté sur des cercles de bois ou de fer qui lui servent de support. Le cylindre est divisé au centre en deux compartiments par une cloison horizontale en toile métallique et fermé en dessous par un disque également en toile métallique plus fine que la cloison supérieure. Le tout est entouré d'un manteau de fer ou de bois *j* qui s'oppose à la dispersion de l'eau charriant la fécule pendant le travail. Dans le milieu du cylindre se dresse verticalement un arbre *q* sur lequel sont montées des ailettes garnies de brosses mécaniques *i i'* glissant à frottement sur les tamis tendus sur le fond des deux compartiments, de façon à renouveler les surfaces de la pulpe ; un filet d'eau qui afflue sans interruption par un conduit *f* terminé en pomme d'arrosoir lave la pulpe pour en extraire la fécule. Le mouvement de rotation est communiqué à l'axe *q* par une roue dentée *p* qui engrène avec un pignon fixé sur l'extrémité de cet axe. Pour que les brosses puissent effectuer convenablement leur travail, il est indispensable qu'elles frottent d'une façon uniforme et régulière toute la surface du tamis, de manière à séparer complètement les grains de fécule des fragments de pulpe et nettoyer

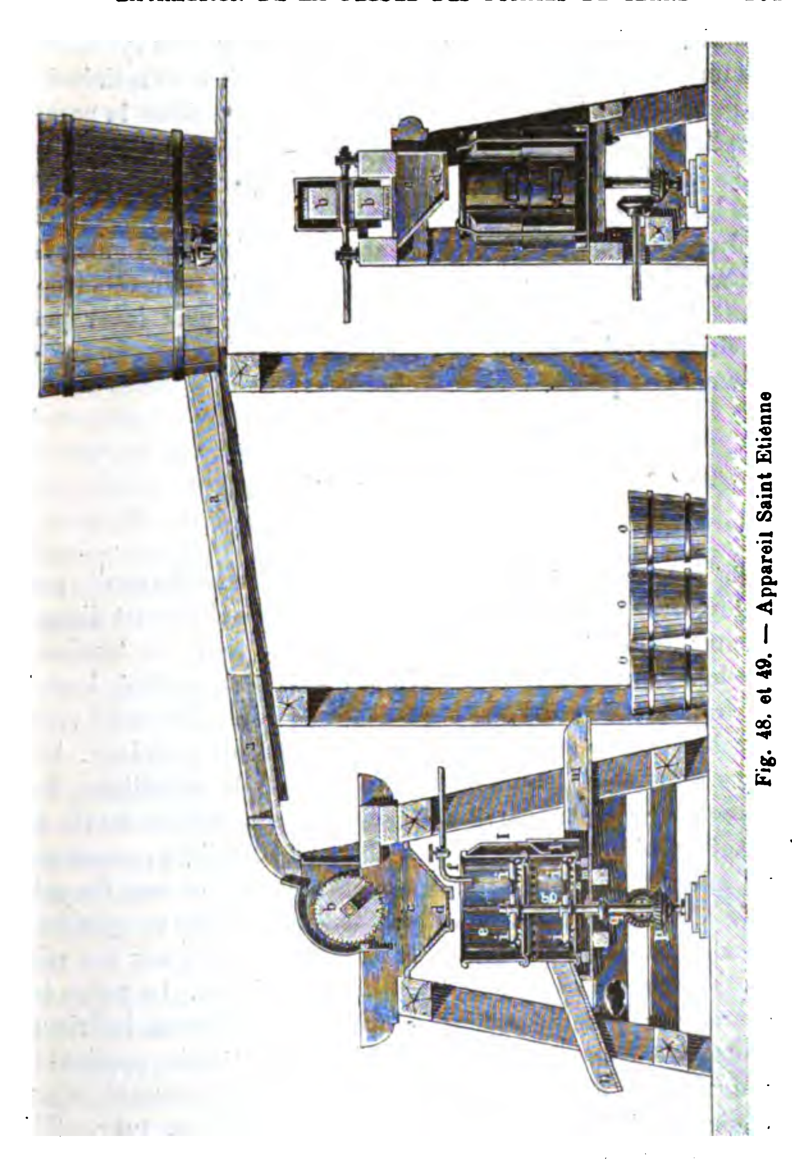


Fig. 48. et 49. — Appareil Saint Etienne

le tamis. Les brosses et le tamis doivent former deux cylindres absolument concentriques. Les résidus épuisés sont retirés de temps en temps à travers les issues pratiquées dans la paroi du cylindre laveur, et déversées dans le canal de décharge *n*, tandis que l'eau chargée de fécule s'écoule par le caniveau *m* dans les bacs *o o o*, où elle se dépose.

L'appareil ainsi construit présente certains inconvénients ; il ne travaille pas d'une façon continue, nécessite des arrêts trop fréquents pour l'écoulement des résidus et ne peut laver que des charges relativement petites ; enfin, il n'épuise pas complètement la pulpe.

Tamis-laveur de Lainé-Dailly

Le laveur construit par Lainé et perfectionné ensuite par Dailly, occupe un grand emplacement, ce qui permet d'augmenter considérablement les charges de pulpe à tamiser. Quelques forts madriers sont disposés en plan incliné, lequel est transformé au moyen de planches en auge plate subdivisée par des cloisons en huit compartiments d'égale grandeur. Au-dessus des compartiments est fixée une toile métallique fine tendue sur des châssis, de telle sorte que la surface totale de la toile, qui peut avoir jusqu'à 20 mètres de long, constitue un grand tamis. Sur ce tamis circule une chaîne sans fin animée d'un mouvement continue, tendue par deux cylindres montés aux deux extrémités de l'auge et cannelés par des rainures engrenant avec les mailles de la chaîne. La pulpe est chargée en quantité suffisante dans le compartiment inférieur, pour être constamment distribuée sur le tamis pendant le mouvement de translation de la chaîne. Un courant d'eau coule sans interruption sur le tamis, à travers un tube criblé de trous et en sens inverse de la pulpe montante, de sorte que

celle-ci, à mesure qu'elle est entraînée par la chaîne vers le haut du plan incliné, abandonne la fécule qu'elle charrie, jusqu'à ce que les résidus presque complètement épuisés tombent dans l'auge. A mesure que la pulpe s'élève, elle se dépouille de plus en plus de sa fécule ; le liquide, qui a traversé les tamis supérieurs, n'en contient plus, par conséquent, qu'une quantité infime ; on peut donc l'utiliser pour le lavage des résidus moins épuisés. A cet effet, un tube adapté à l'extrémité inférieure du compartiment le plus élevé conduit le liquide ayant déjà passé à travers le tamis, au sommet du troisième tamis, du deuxième compartiment le liquide coule de même sur le quatrième tamis, celui du troisième sur le cinquième, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il arrive en bas fortement chargé de fécule ; de là un conduit la dirige dans les récipients de clarification. Sur un seul et même plan incliné, on dispose ainsi généralement deux laveurs avec leurs tamis et chaînes sans fin, desservis par une force motrice commune.

Laveur Lainé-Dailly perfectionné

La longueur considérable de l'appareil précédent le rend assez incommode dans la pratique ; on l'a donc raccourci en superposant plusieurs tamis de telle sorte que la même chaîne sans fin glisse pendant sa marche sur leur surface. La figure 50 représente cet appareil que Payen décrit comme suit :

Les toiles métalliques *a*, *a'* *a* sont tendues sur des châssis élevés parallèlement. La pulpe, à sa sortie de la râpe A, arrive d'abord en traversant le caniveau G sur le tamis inférieur *a* ; une double chaîne sans fin, munie de tringles parallèles en fer, qui agitent la pulpe dans sa masse, la montent graduellement sur les tamis superposés a^1 a^2, etc., jusqu'à ce

qu'elle parvienne en a^6 où elle est complètement épuisée par

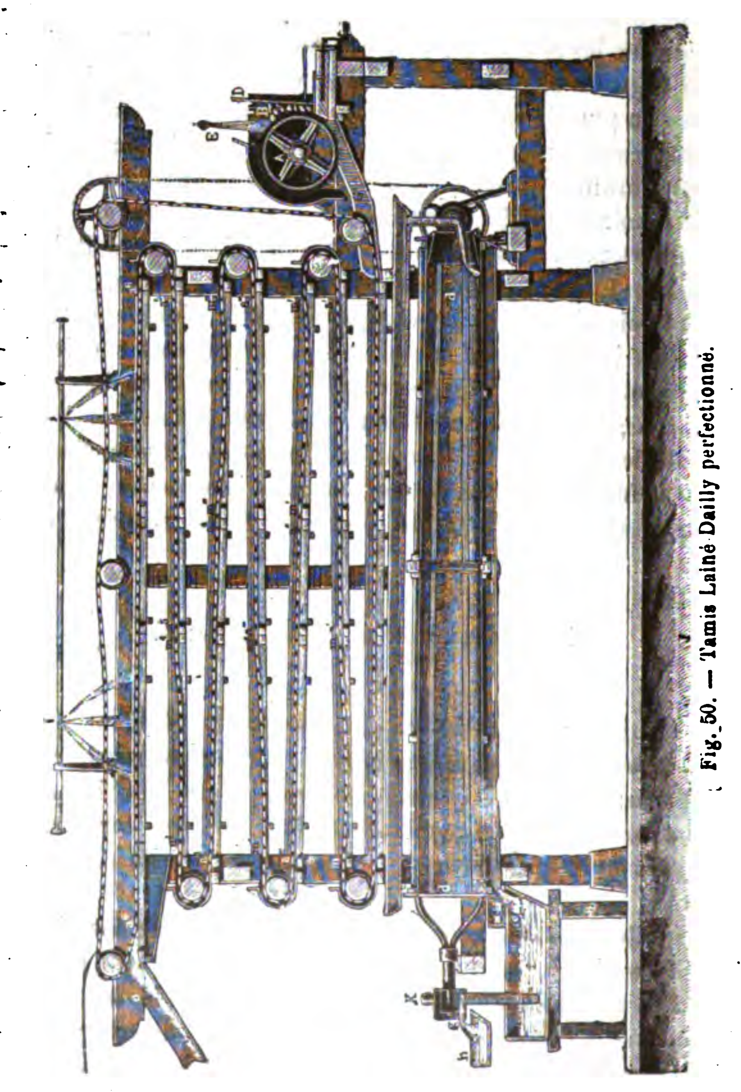


Fig. 50. — Tamis Lainé Dailly perfectionné.

les jets d'eau *ii*, pour tomber ensuite dans le caniveau *c*. L'eau

entraîne mécaniquement les grains de fécule à travers les tamis. Pour ne pas employer trop d'eau, on se contente de la faire arriver en filets sur le tamis supérieur a^6 seulement, où elle rencontre de la pulpe déjà presque entièrement épuisée; de là, elle se déverse successivement sur une pulpe de plus en plus chargée de fécule, jusqu'à ce qu'elle rencontre enfin en *a* de la pulpe toute fraîche, à laquelle elle enlève encore une partie de sa fécule. Du tamis inférieur l'eau féculente tombe dans une auge plate, disposée en dessous, et est conduite de là, pour être débarrassée de la plus grande partie des petits sons qu'elle aura entraînés, à travers un tamis rotatif tronconique *d d*, mû par une courroie montée sur l'arbre principal. Les débris de pulpe s'écoulent à l'extrémité opposée du tamis conique par la gouttière *e*, tandis que le liquide féculent est recueilli dans l'auge *f*, d'où il est élevé par une chaîne à godets *g g'* dans la gouttière *h* conduisant aux bacs de déposage.

Les toiles métalliques des châssis sont d'une finesse graduelle; elles commencent en haut par le n° 30 pour finir en bas au n° 50; le tamis épurateur *d d* est du n° 80. Les numéros des tamis indiquent le nombre de fils de laiton répartis sur une surface de 27 millimètres carrés.

Laveur de Huck, Vernier et Stolz

En dehors des appareils que nous venons de décrire, on en construit encore un grand nombre d'autres tendant à combiner les avantages d'un travail continu avec celui d'un épuisement complet de la pulpe; les plus connus sont les laveurs de Huck, Vernier et Stolz. Les tamis employés sont cylindriques et présentent par conséquent une grande surface sur un espace très restreint.

La machine de Huck se compose de deux cylindres laveurs placés horizontalement sur une même ligne et réunis à leurs extrémités opposées par un tambour central en tôle. Dans les cylindres se trouvent des brosses, des agitateurs et deux trémies, dont l'une amène dans le premier cylindre de la pulpe fraîche et de l'eau, tandis que la seconde ne projette que de l'eau dans le cylindre inférieur. Les tamis cylindriques en toile métallique sont montés ensemble sur un même axe ; les brosses, les agitateurs et les trémies sur un second. Les deux axes se meuvent en sens opposé, de sorte que les cylindres tournent dans un sens opposé à celui des brosses. La pulpe est versée dans la trémie à l'une des extrémités de l'appareil et après avoir été délayée par l'eau qui afflue d'un réservoir supérieur, elle traverse le premier tamis cylindrique où l'action combinée de l'eau, des brosses et des agitateurs lui enlève la plus grande partie de sa fécule. De là, la pulpe passe dans le tambour intercalé entre les deux tamis cylindriques et portant un arbre à ailettes qui la travaille vigoureusement dans l'eau et la fait ensuite passer dans le deuxième tamis cylindrique. Le liquide chargé de fécule coule dans un réservoir placé sous le tamis, d'où il est dirigé sur un troisième tamis cylindrique à mailles beaucoup plus fines que celles du premier et qui retient les petits sons entraînés par l'eau.

Les appareils de Stolz et Vernier sont construits d'après le même principe. Stolz employait un tamis cylindrique dans lequel tournent les brosses qui renouvellent les surfaces et obligent le liquide féculent de traverser les mailles du tamis. Vernier place côte à côte trois tamis cylindriques de différents diamètres, le plus large étant au milieu ; ces cylindres, établis en pente, communiquent ensemble et tournent autour de leur axe ; la pulpe est délayée à l'une des extrémités, puis distribuée sur les tamis, où elle est dépouillée de sa fécule, sans le secours de brosses.

Les appareils dont nous venons de donner la description

datent presque tous de la première moitié du XIXe siècle ; ils fonctionnent encore dans certaines féculeries, mais leur travail ne répond plus aux exigences de l'industrie moderne. Nous les croyons donc appelés à disparaître, et si nous en avons donné la description, c'est pour faire ressortir leur infériorité relativement à ceux que nous avons décrits et aussi parce qu'ils peuvent fournir aux constructeurs de précieux éléments pour la combinaison de nouveaux types d'appareils.

Tamis de Siemens

Le tamis-secoueur de Siemens, qu'on pourrait appeler plus justement tamis à cataractes, parce que la pulpe dans son parcours à travers l'appareil tombe de degré en degré, présente l'avantage de ne posséder, en dehors des supports et des jointures, aucune partie mobile qui soit particulièrement sujette à usure. La partie principale de cette machine consiste en un cadre dans lequel est disposée une série de tamis d'environ 20 centimètres de long entre lesquels on a placé des auges en tôle. Le cadre supportant les tamis est fortement incliné. Sur toute sa longueur court un tuyau d'eau muni de tubes transversaux ayant un orifice sur chaque auge. La pulpe est amenée sur le tamis par le côté le plus élevé. Elle tombe d'abord dans l'une des auges ; elle est chassée de là par un jet d'eau dont l'action est soutenue par le mouvement de va-et-vient du tamis ; de cette façon, l'eau et la pulpe sont en quelque sorte projetées comme une vague sur le tamis situé au delà de l'auge ; dans ce mouvement, une partie de la fécule traverse le tamis avec l'eau, tandis que la pulpe est entraînée dans la seconde auge où se renouvelle le même mouvement, et ainsi de suite jusqu'à ce que la pulpe arrive à l'ex-

trémité inférieure de l'appareil, privée ainsi de la majeure partie de sa fécule.

On emploie souvent à la fois deux appareils de ce genre, en plaçant entre eux un appareil pour le repassage de la pulpe. Cela est d'autant plus à recommander que l'effet utile de l'eau n'est pas aussi complet qu'avec les autres systèmes de tamis, où elle arrive généralement sous forme d'une forte pluie. Il s'ensuit qu'on est obligé de répéter plusieurs fois l'opération si l'on veut bien épuiser les pulpes.



Fig. 51. Tamis à cataractes, de Siemens,

Il manque à cet appareil une disposition pour le nettoyage du tamis, et c'est là son côté faible.

Les appareils Siemens sont surtout employés dans les petites féculeries allemandes qui n'attachent pas une importance capitale au bon épuisement. Une condition essentielle pour l'emploi de cet appareil est que l'on dispose d'eau en quantité suffisante, vu que tout l'effet est produit ici par l'agitation de la pulpe par l'eau.

Tamis a brosses

Un autre appareil très répandu en Allemagne est le tamis à brosses. Cet appareil consiste en une caisse en fer à la partie

inférieure de laquelle est adapté un tamis demi-cylindrique, sous lequel se trouve une auge destinée à recevoir la fécule qui traverse les mailles du tamis. La partie mobile de l'appareil se compose d'un cylindre rotatif portant des bras munis de brosses, ou encore d'un cylindre creux traversé par des bras en fer auxquels on fixe des brosses. Ces bras sont munis de vis permettant de les régler de manière à rapprocher les brosses du tamis. Les brosses, au lieu d'être dirigées verticalement par rapport à l'axe, sont inclinées de manière à former une spirale qui charrie la pulpe d'une extrémité à l'autre de l'appareil. Au-dessus du cylindre à brosses est établi un jet d'eau qui vient s'éparpiller dans l'auge.

En examinant le mode d'action du tamis on peut aisément se faire une idée de sa valeur.

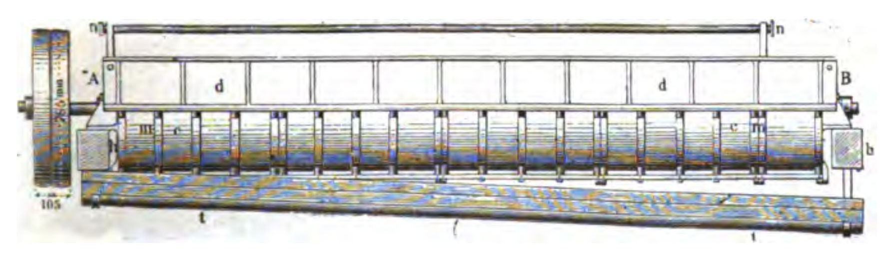


Fig. 52. — Tamis cylindriques à brosses, constr. Rud. A. Hartman, Berlin.

La pulpe est introduite à l'extrémité gauche de l'appareil, les brosses dans leur mouvement s'en emparent et la transportent à travers l'appareil pour la rejeter au dehors ou à l'autre extrémité, débarrassée de la fécule.

Les brosses, en même temps qu'elles font fonction de transporteur, ont pour but de nettoyer constamment le tamis et d'écarter des ouvertures de ce dernier les fibres végétales qui peuvent y pénétrer. L'idée, d'ailleurs absolument erronée, que les brosses avaient pour but de triturer en quelque sorte

la pulpe et d'en extraire l'amidon, ont amené à des erreurs grossières de construction de cet appareil. Le rôle des brosses se borne à ce qui a été dit ci-dessus, tandis que l'extraction proprement dite de la fécule est faite par l'eau qui tombe en pluie sur la pulpe. L'eau est amenée de préférence par le côté où la pulpe s'accumule davantage, poussée par le mouvement rotatif des brosses; par suite, la moitié seulement du cylindre est effectivement garnie de pulpe, tandis que l'autre partie est absolument sans effet utile direct. C'est là un défaut capital qu'on ne peut supprimer. Cependant ces appareils atteignent parfaitement leur but et sont, par suite aussi, très répandus.

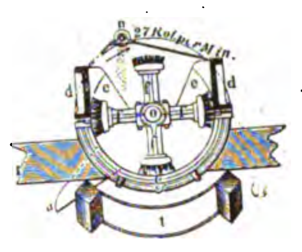


Fig. 53. — Tamis à brosses, vue intérieure.

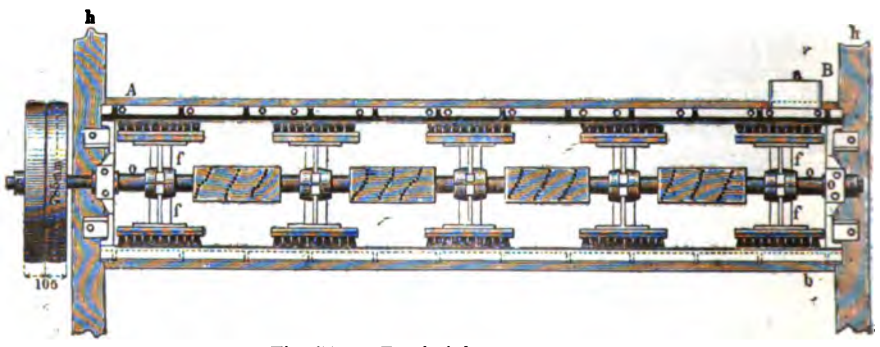


Fig. 54. — Tamis à brosses, coupe.

C'est pourquoi nous donnerons quelques développements sur leur mode de fonctionnement.

Le tamis est souvent construit en toile métallique et posé sur des supports en bois. Cette construction est défectueuse, parce que la toile métallique ne peut jamais être tendue assez parfaitement pour former un demi-cylindre, ce qui est absolu-

ment indispensable pour le bon fonctionnement de l'appareil. En outre, le tissu métallique, même nouvellement tendu, prend des plis ou renfoncements, et comme les brosses ne peuvent toucher que les parties situées sur la périphérie normale du cylindre, il se forme dans les renfoncements du tamis des dépôts de pulpe qui échappent au travail de l'appareil. Pour éviter cet inconvénient on a cherché à donner aux brosses un frottement plus serré, ce qui a pour effet non seulement de rendre la marche de l'appareil plus dure et d'user rapidement les brosses et le tissu métallique, mais encore de faire passer une partie des fibres végétales avec la fécule à travers le tamis. On serait tenté d'admettre que par ce moyen l'extraction de la fécule dût être parfaite. Il n'en est rien, car l'usure rapide des brosses les empêche bientôt de balayer uniformément la surface du tamis, et leur travail est encore défectueux.

Pour être solide et d'un bon fonctionnement durable, le tamis de l'appareil doit être construit en cuivre ou laiton perforé et fixé sur une armature en fer à jointures exactement ajustées, de manière à ce que sa forme demi-cylindrique soit et reste constante. Un tamis de ce genre aura une durée illimitée et reviendra, en définitive, meilleur marché que toute autre construction.

Si la construction du tamis doit être soignée, celle du cylindre à brosses doit être également l'objet d'une attention toute spéciale. Il ressort de ce qui a été dit plus haut que les brosses doivent agir sur la surface du tamis par un frottement très uniforme ; si leur frottement est trop dur, elles chasseront la pulpe fine avec la fécule à travers les trous, et manqueront, par conséquent, leur but qui est de séparer la fécule de la pulpe ; si par contre elles sont trop éloignées du tamis, elles ne pourront pas nettoyer la surface de ce dernier et leur fonction de transporteur de la pulpe sera elle-même défectueuse. C'est pourquoi les brosses doivent être confectionnées avec

des matières de première qualité et munies d'un système qui permette de les rapprocher au besoin de la surface du tamis. On a cru parfois assurer le réglage des brosses en les fixant sur des bras fixes et en installant le cylindre de manière à pouvoir le hausser ou le baisser verticalement, sans songer que si les brosses s'usent et si on abaisse le cylindre moteur, le diamètre parcouru par les brosses devient plus faible et qu'elles ne toucheront plus dès lors qu'une partie de la surface du tamis. Si l'on installe le cylindre de manière à le rendre mobile verticalement, il faut que ce soit uniquement pour maintenir exactement l'axe du cylindre à brosses parfaitement au centre du demi-cylindre.

Par contre, il est indispensable que l'éloignement de chaque brosse du centre de l'axe soit toujours égal au demi-diamètre du tamis cylindrique. Si cette condition est remplie, les brosses atteindront parfaitement leur but, mais elle ne peut l'être que si les brosses sont mobiles par rapport au rayon. L'appareil de la figure 58 est construit d'après ces principes.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer plus haut, l'effet utile de l'appareil provient principalement du jet d'eau qu'on dirige sur la pulpe dont elle doit enlever la fécule. Pour bien remplir ce but, il est nécessaire que le jet d'eau soit assez fort, éparpillé sous forme de pluie, qu'il ait une certaine pression, qu'il tombe directement sur la pulpe. L'arrosage de la petite partie vide du tamis est non seulement inutile, mais même désavantageux, en ce sens qu'il dilue inutilement la fécule.

Le rendement de l'extracteur à brosses en forme de spirale dépend d'abord de la surface utile du tamis, c'est-à-dire du diamètre de l'appareil, ensuite de la rapidité avec laquelle la pulpe le parcourt. L'expérience ou des essais directs peuvent seuls renseigner le fabricant là-dessus.

Une question qui vient se poser à ce sujet est celle de savoir s'il vaut mieux faire passer la pulpe lentement plutôt que d'aug-

menter considérablement la longueur du tamis et faire passer la pulpe plus vite ? L'expérience montre que ce dernier parti mérite la préférence, car si la pulpe a plus de chemin à parcourir elle est agitée et retournée d'autant plus que le mouvement des brosses est plus rapide. Mais comme il est nécessaire, pour extraire la fécule d'une quantité de pulpe déterminée, que celle-ci soit arrosée sur une aussi grande surface que possible, il en résulte forcément un certain rapport entre la longueur du chemin que doit parcourir la pulpe et la vitesse de son mouvement en avant dans l'appareil. L'arrosage contribue à mouvoir la pulpe, surtout si l'eau tombe en pluie fine et éparpillée sous pression, mais il faut que le mouvement en avant de la pulpe soit uniforme. Si l'on voulait restreindre la longueur de l'appareil, tout en augmentant son débit, il faudrait retourner souvent la pulpe par des moyens artificiels, de façon à l'exposer aussi parfaitement que possible au jet d'eau. Cette modification cependant n'est pas à conseiller, car elle nécessiterait l'installation d'un mécanisme compliqué entre le jet d'eau et la pulpe, ce qui réduirait considérablement son effet utile. Il ne reste donc, en définitive, d'autre moyen que de diviser l'appareil en deux, ou encore d'en installer deux l'un au-dessus de l'autre, de façon à faire subir à la pulpe une forte agitation par son passage d'un appareil dans l'autre.

Il est à recommander, lorsqu'on emploie deux extracteurs, d'installer entre les deux un appareil pour repasser la pulpe, si l'on veut atteindre des rendements élevés, surtout si l'on craint que le râpage n'ait pas été bien soigné, ou encore si le fonctionnement de la râpe laisse à désirer. Cet appareil peut être une râpe ou une sorte de moulin conique pourvu qu'il ne divise pas les fibres végétales (1). Un appareil de ce

(1) Dans une féculerie travaillant 60.000 kilogrammes de pommes de terre par jour, le moulin conique d'Uhland, employé pour repasser la pulpe après le premier tamisage, a fourni de bons résultats. La matière moulue était finement divisée et exempte de semelles. L'augmen-

genre a l'avantage de diviser la pulpe renfermant encore de la fécule et d'isoler celle-ci des fibres de façon à la faire enlever complètement par le lavage suivant.

La longueur du tamis cylindrique à brosses doit toujours être proportionnée à l'importance du travail ; son diamètre doit également être parfois agrandi, selon le débit qu'on veut avoir. Mais ici on se heurte à plusieurs difficultés, parce qu'un faible diamètre est défavorable à l'éparpillement de la pulpe, les extracteurs allongés coûtent relativement cher et sont difficiles à construire, et enfin les petites féculeries n'ont pas l'emplacement nécessaire. C'est pourquoi on fait varier la longueur en même temps que la largeur des appareils, suivant l'importance du travail. La longueur des extracteurs ne devrait jamais dépasser 4 mètres ; il vaudrait mieux en installer deux l'un au-dessus de l'autre. Pour les grandes fabriques, on est obligé d'aller jusqu'à 5 mètres, tandis que dans les petites on peut n'avoir que 3 mètres, à condition d'avoir deux appareils superposés.

Comme avec les extracteurs un peu longs le cylindre n'a pas assez de jeu s'il n'est supporté qu'aux deux extrémités, il est nécessaire d'établir un troisième support au milieu de l'appareil.

Les appareils représentés par les figures 59 et 60 sont également répandus dans une partie de l'Allemagne ; ce sont des tamis à brosses ; on les emploie aussi bien pour l'extraction de la fécule que pour son épuration.

L'appareil consiste en un tamis métallique établi dans un cercle de bois et reposant sur un grillage également en bois. Au-dessus du tamis se meuvent deux agitateurs croisés et munis de brosses qui frottent sur toute la surface du tamis et transportent en même temps vers la périphérie la fécule qui se

tation de rendement qui en est résultée a été estimée à 3 0/0. L'augmentation de dépense de force motrice a été de 2 à 3 chevaux.

trouve sur le tamis. La pulpe, chargée autant que possible dans le centre de l'appareil, est chassée par les brosses et tombe dans un caniveau qui l'évacue au dehors. La fécule, au contraire, est chassée à travers les trous du tamis par un jet d'eau qui n'est pas indiqué sur la figure, et se rend dans le récipient placé sous le tamis et de là s'écoule dans le tamis épurateur par un caniveau.

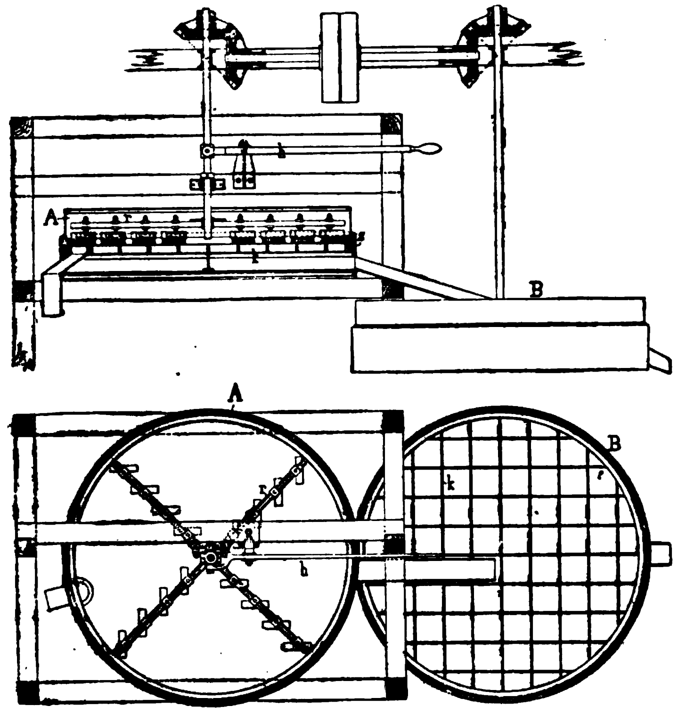


Fig. 55 et 56. — Tamis plat à brosses combiné avec tamis de raffinage. Elévation et plan.

Le diamètre de l'appareil est d'environ 2 mètres ; la pulpe en en sortant doit être absolument exempte de fécule, mais en règle générale ce n'est pas le cas ; c'est pourquoi on installe

deux appareils l'un au-dessus de l'autre et entre les deux un appareil pour le repassage de la pulpe.

Cet appareil montre une grande analogie avec l'appareil cylindrique à brosses que nous avons décrit plus haut. Le principe du fonctionnement est le même dans les deux ; la seule différence qui existe entre eux, c'est que dans l'un le tamis revêt la forme cylindrique, tandis que dans l'autre il est horizontal. Ce détail est important ; il constitue le principal avantage de l'appareil dont la surface entière peut être utilisée ; la pulpe couvre tout le tamis et parcourt un chemin relativement long, ce qui ne peut que contribuer à l'épuisement.

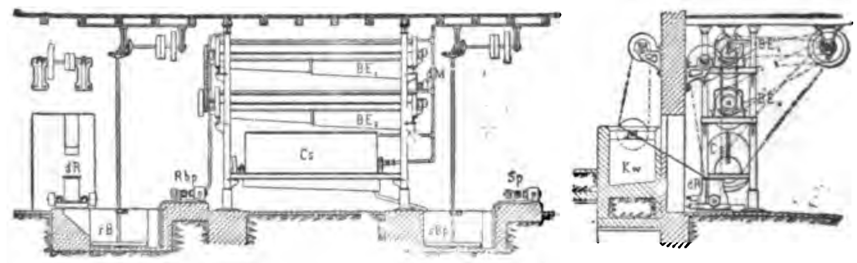


Fig. 57 el 58. — Appareils combinés par Uhland pour petites féculeries.

A côté de ces avantages, l'appareil présente certains inconvénients ; la pulpe n'est pas retournée par les brosses, elle est au contraire réunie en couches assez épaisses, l'action combinée du jet d'eau et des brosses donne lieu à des obstructions, le tamis n'étant pas lavé et les constructeurs étant partis du faux principe d'après lequel ce seraient les brosses et non l'eau seule qui doit chasser la fécule à travers les mailles du tamis. On remédie autant que possible à cet inconvénient en donnant aux brosses un frottement dur ; il en résulte bien un certain nettoyage du tamis, mais l'obstruction continue à se produire.

Un autre défaut c'est qu'il est assez difficile de sortir le tamis

de son cadre, d'où une cause d'arrêt assez long dans la marche de l'appareil.

En choisissant un tamis à mailles assez écartées, on remédie partiellement à cet inconvénient, mais alors il passe une grande quantité de fibres avec la fécule et le travail de raffinage de cette dernière devient plus difficile. C'est pourquoi on conseille de ne pas employer cet appareil pour le raffinage de la fécule, à cause des obstructions et du passage des fibres. Avec quelques modifications on pourrait augmenter considérablement la valeur de cet appareil, il faudrait faire en sorte que le tamis pût être retiré facilement pour être remplacé par un tamis bien nettoyé, au bout d'une demi-journée, par exemple ; il suffirait pour cela d'élever les agitateurs au-dessus du tamis, ce qui n'est pas difficile.

Une autre amélioration à y apporter consisterait à munir l'appareil d'un système de râclettes qui permît d'étendre de nouveau la pulpe accumulée en lignes par les brosses, ce qui aurait en même temps l'avantage de renouveler les surfaces et de les exposer à l'arrosage.

En résumé, si on compare les différents systèmes d'extracteurs que nous venons de décrire, on voit que bien construits et bien dirigés ils fournissent tous un travail satisfaisant. Les imperfections qu'ils présentent sont difficiles à faire disparaître si l'on ne veut pas compliquer l'outillage outre mesure. C'est pour cette raison qu'on n'est pas arrivé à construire d'appareil absolument parfait.

Comparaison des numéros des tamis de soie et des tamis en toile métallique

Pour permettre au lecteur de s'orienter rapidement et sans difficulté lorsqu'il s'agit de remplacer des tamis de soie par des toiles métalliques ou inversement, nous donnons ci-dessous

un tableau comparatif des numéros des uns et des autres. Ce tableau comprend les numéros les plus usuels :

Toile mécanique	Tamis de soie	Toile métallique	Tamis de soie
Nos 18	Nos 0.000	Nos 64	Nos 6
20	000	70	7
26	00	80	8
32	0	100	9
40	1	110	10
45	2	120	11
50	3	125	12
55	4	130	13
60	5	150	14

Pertes de fécule pendant le tamisage

Quelle que soit la forme des tamis employés, le succès de l'opération dépend toujours du mode de construction de la râpe, et des soins apportés au râpage et au tamisage.

Les appareils de tamisage ne donneront de bons résultats qu'autant que la pulpe puisse glisser uniformément sur toute la surface du tamis. Cette condition n'est réalisable avec les appareils cylindriques que lorsque l'ensemble est bien équilibré. Sous ce rapport la construction des appareils montés dans la plupart des fabriques laisse beaucoup à désirer. Les grains de fécule étant enfermés dans le tissu cellulaire, il faut, pour les en extraire complètement par le lavage, que les cellules soient préalablement déchirées, et la quantité de fécule laissée dans les résidus sera d'autant plus grande que la division aura été moins parfaite. La râpe et le tamis réunis sont les régulateurs du rendement. S'il est vrai que ces appareils, même si leur construction et leur fonctionnement sont au-dessus de toute critique, ne permettent pas d'extraire la totalité de la fécule renfermée dans la pulpe, l'importance des pertes inévitables n'en est pas moins liée à ces deux facteurs.

On peut admettre que lorsqu'on emploie des râpes mal construites, on laisse dans la pulpe environ un tiers de la fécule qui y est contenue.

Beaucoup de fabricants croient obtenir un excellent résultat lorsqu'ils ne laissent que 25 0/0 de fécule dans la pulpe ; par l'emploi de bonnes râpes la perte doit se réduire à 10 0/0.

Mais il y a peu de féculiers qui exercent un contrôle sérieux sur leur travail. On juge ordinairement le résultat d'après les rendements d'une campagne, et on en conclut que le travail a été plus ou moins parfait suivant qu'on a retiré 15, 16 ou 17 kilogrammes de fécule sèche par 100 kilogrammes de pommes de terre. De pareilles déductions peuvent être absolument erronées, car dans certains cas on peut n'avoir qu'un rendement de 20 0/0 ; tout dépend de la richesse en fécule des pommes de terre mises en œuvre. On devrait donc exercer un contrôle régulier dans toute féculerie bien dirigée. Ce contrôle devrait porter non seulement sur la quantité de fécule achevée, prête à être livrée au commerce, mais encore sur la proportion de fécule contenue dans les pommes de terre au moment de leur mise en œuvre ; alors seulement on pourrait se faire une idée exacte du résultat de la fabrication.

Généralement, les féculiers passent outre aux pertes qu'ils subissent, estimant que la pulpe constitue un aliment précieux pour le bétail et que, dans ce cas, la fécule restée dans les résidus trouve encore un emploi avantageux ; bien plus, il y en a qui craignent, en poussant l'extraction de la fécule à ses dernière limites, de diminuer outre mesure la valeur nutritive des pulpes. Ce raisonnement nous a été tenu tout récemment par un fabricant de fécule qui passe pour un homme éclairé. Mais si l'on considère la valeur marchande, relativement élevée de la fécule, on trouve que le fabricant a intérêt à extraire la fécule aussi complètement que possible et à affecter une partie du bénéfice qu'il en retire à l'achat de fourrages

riches en principes albuminoïdes, plus nutritifs pour le bétail que la pulpe.

D'après Anthon, on a retiré de 100 parties de tubercules 8 parties de pulpe sèche renfermant :

83 à 84 0/0 de fécule.

16 à 17 0/0 de fibre cellulaire pure.

Si l'on fait abstraction de ces derniers chiffres, provenant sans doute d'une féculerie mal outillée, on voit par les analyses ci-dessus, que les pulpes contiennent encore plus de 50 0/0 de fécule. Il est de toute nécessité de soumettre ce genre de pulpe à un nouveau travail, c'est-à-dire de la faire passer par une râpe et de la soumettre ensuite à un nouveau lavage.

L'analyse faite par Fesca avant qu'il n'eût perfectionné sa râpe, sur une pulpe de pommes de terre travaillées d'après la méthode ordinaire, a donné 79 kilogrammes de pulpe séchée à l'air par 100 kilogrammes de tubercules. Cette pulpe, passée ensuite par un jeu de cylindres et soumise à un lavage complémentaire, avait la composition suivante :

59,3 0/0 de débris de cellules (pulpe fine).

40,7 0/0 de fécule extractible.

Par cette opération, le rendement de 100 kilogrammes de pommes de terre a donc été augmenté de 3,2 kilogrammes.

CHAPITRE IV

SÉPARATION, ÉPURATION ET BLANCHIMENT DE LA FÉCULE

Observations générales

Le liquide laiteux qui s'écoule des tamis se compose de la fécule en suspension dans l'eau, mêlée aux principes aqueux et solubles de la pomme de terre, tels que : albumine, dextrine, mucilage, matière colorante, etc., ainsi que des petits sons impalpables qui ont pu passer à travers le tamis. La fécule, pour être séparée de toutes ces impuretés, doit subir un nouveau lavage par décantation ; les principes solubles passent alors dans l'eau de lavage, tandis que la fécule qui, en raison de la forme sphérique de ses granules, présente à l'eau une surface relativement faible, ne rencontre dans le liquide que peu de résistance et se dépose rapidement en se séparant des petits sons. Ces sons, au contraire, par leur structure irrégulière, présentant à l'eau une surface plus étendue, sont tenus plus longtemps en suspension et se déposent bien plus lentement. Si on laisse le liquide laiteux au repos, il s'y forme deux couches nettement distinctes, dont l'inférieure est formée de fécule presque pure, tandis que la couche supérieure renferme la majeure partie des débris cellulaires avec les plus petits granules. Ces deux couches peuvent être facilement séparées par un simple procédé mécanique.

A cet effet, on dirige le liquide chargé de fécule dans des bacs ou des bassins construits en béton, qu'on remplit jusqu'au bord. A mesure que la fécule tombe au fond, on la remet de temps en temps en suspension dans l'eau, en l'agitant avec un agitateur mécanique, de façon à obtenir un mélange parfait. Après quelques minutes d'arrêt, on fait passer rapidement le liquide dans un autre récipient au moyen d'un robinet ou d'un syphon. Le temps d'arrêt suffit pour que le sable se dépose au fond du bassin, tandis que la fécule, plus légère, et les petits sons restent en suspension dans le liquide décanté. Quelques heures suffisent pour que le dépôt de la fécule s'effectue également; alors on décante l'eau claire qui la recouvre.

Le dépôt de la fécule s'opère généralement vite, mais il est quelque peu retardé parce que l'eau mélangée avec le suc cellulaire des pommes de terre et les substances qu'il tient en dissolution : albumine, gomme, mucilage, etc., ne possède plus le degré de fluidité propre à l'eau claire. Lorsqu'on travaille des pommes de terre malades ou en voie de putréfaction, le liquide peut renfermer des éléments capables de retarder la séparation de la fécule; dans ces conditions, elle ne se dépose que lentement et incomplètement. On évite cet inconvénient en délayant davantage la fécule, en faisant couler sur la râpe et les tamis de l'eau en quantité d'autant plus grande que le dépôt se fait plus lentement. La séparation sera d'autant plus parfaite et la qualité du produit d'autant plus belle qu'on pourra disposer de quantités d'eau plus abondantes pour cette opération.

L'installation des récipients de déposage doit se régler sur l'importance de la fabrication. Dans la petite féculerie, on emploie des cuves en bois, munies de bondes disposées à des hauteurs diverses; dans la grande féculerie, on fait usage des citernes en béton, à parois bien lisses et ravalées en ciment, munies à peu de distance du fond d'un manchon de cuivre de 5 à

6 centimètres de large, enchâssé dans l'une des parois. Ce manchon communique par son extrémité extérieure avec un conduit, ou bien débouche au-dessus d'un caniveau par lequel on laisse l'eau s'écouler. Le manchon de cuivre fixé dans l'intérieur de la citerne est garni d'un tube en caoutchouc suffisamment large et ayant une longueur correspondant à la hauteur de la citerne, fixée par son extrémité supérieure à un flotteur.

Pendant le déposage de la fécule en suspension dans l'eau, le flotteur est maintenu au-dessus du niveau du liquide. Pour faire écouler l'eau en excès, on maintient l'orifice du tube au-dessous du niveau de l'eau. En même temps, le flotteur maintient constamment l'orifice du tube à la surface, descend à mesure que le niveau de l'eau baisse et empêche ainsi la fécule de s'engager dans le tube.

L'eau étant écoulée, il ne reste plus au fond du réservoir que la fécule sous forme d'une masse plus ou moins dense et compacte. Les couches supérieures de cette masse sont mélangées de pulpe fine, d'une teinte variant entre le jaune et le brun ; les couches inférieures sont relativement pures. La couche supérieure est enlevée à l'aide d'une râclette ; elle constitue le *gras de fécule* ou *fécule grise*, laquelle est vendue à bas prix, ou bien, ce qui est plus avantageux, subit, comme on le verra plus loin, un raffinage spécial.

Épuration de la fécule

La fécule est ainsi débarrassée de la majeure partie des petits sons, etc., mais toujours insuffisamment purifiée ; elle constitue la fécule brute ; celle-ci renferme encore une certaine quantité de débris cellulaires qui lui donnent un aspect louche. Pour s'en débarrasser et augmenter en conséquence son degré

de pureté, on peut recourir à trois procédés différents : 1° le déposage répété suivi de décantation ; 2° le lavage sur plans inclinés ; 3° la séparation et la déshydratation par la force centrifuge.

Lorsqu'on est limité par l'emplacement on installe les bassins de manière à laisser écouler le contenu de l'un dans l'autre par débordement, mais dans ce cas on n'a qu'une faible couche de fécule dans le dernier bassin et l'on obtient beaucoup de fécule grise.

Pour les fabriques qui préparent de la fécule sèche, il est important qu'elle soit d'une belle blancheur, un peu bleuâtre, mais non jaune ni rougeâtre. C'est pourquoi Saare recommande (1) de séparer aussi rapidement que possible l'eau de végétation de la fécule, car un contact prolongé lui communique une teinte jaunâtre due à la précipitation d'une partie des matières albuminoïdes sous l'influence de l'air ; la fécule prend alors un ton gris jaunâtre et se précipite plus difficilement.

C'est pourquoi les fabriques de fécule sèche préfèrent généralement les plans inclinés pour effectuer le déposage de la fécule ; elles ne se servent des cuves que pour les eaux peu riches qui s'écoulent des plans.

Les plans inclinés permettent d'obtenir des fécules très belles; pour cela il suffit de mettre à part d'un côté la fécule qui se trouve en tête des plans et qui contient encore un peu de sable, de l'autre les gras de fécule à l'extrémité inférieure, et enfin, comme produit extra-fin, le produit du milieu.

De ces appareils, la fécule est dirigée dans des cuves de lavage pour être lavée et débarrassée des gras ; ces cuves sont en bois ou en maçonnerie ; les premières méritent la préférence, car elles facilitent le travail et fournissent des produits plus fins.

(1) *Zeitschr. f. Spiritusind*, 1891.

Le soutirage de l'eau de ces cuves se fait de la manière déjà indiquée. La fécule qui s'est déposée au fond est délayée et dirigée ensuite directement dans la turbine centrifuge.

Il vaut mieux multiplier les petites cuves que d'en avoir de trop grandes, car avec celles-là il est plus facile de fractionner les produits de qualité différente.

Les cuves ont généralement 1 mètre de haut et 2 mètres à $2^{m},25$ de diamètre. On délaye la fécule dans la proportion de 1/3 de fécule et 2/3 d'eau, on laisse déposer, puis on donne une nouvelle agitation pour mettre la fécule en suspension. Dans certaines fabriques on mélange moitié eau et moitié fécule et l'on donne trois lavages. Le premier mode d'opérer est préférable, car plus le contact de l'eau et de la fécule est prolongé, moins le lavage est parfait et plus on a de déchets. Dans la fabrication de la fécule verte la capacité de cuve nécessaire pour un travail de 5.000 kilogrammes est de 3^{m3} pour un seul lavage, 6^{m3} pour deux lavages et 9^{m3} pour trois lavages, en prenant 1/3 de fécule et 2/3 d'eau.

Épuration de la fécule brute par déposage

La fécule brute forme une couche si compacte qu'elle ne peut être que très difficilement délayée dans l'eau par une simple agitation. Pour cette raison, beaucoup de fabriques emploient un agitateur mécanique monté dans la première cuve de dépôt et dont les palettes peuvent être élevées ou abaissées. On fait d'abord descendre les palettes jusqu'à ce qu'elles effleurent exactement, en tournant sur elles-mêmes, la couche de fécule à sa surface, et on continue de les abaisser à mesure que les couches supérieures sont réparties dans l'eau. Cependant il serait plus rationnel de supprimer tout à fait l'agitateur dans les cuves et de le monter dans un mélan-

geur cylindrique spécial en fer. Quand la fécule grise est enlevée, la fécule brute est extraite avec des pelles tranchantes du réservoir de dépôt sous forme de blocs, et transportée ainsi dans le mélangeur, déjà à moitié rempli d'eau, et dont l'agitateur tourne très vivement. Les blocs isolés sont ainsi facilement et rapidement divisés ; on continue ensuite de remplir le bac mélangeur jusqu'à ce que la fécule brute tenue en réserve soit épuisée et que le liquide agité et trouble présente une consistance laiteuse uniforme. Ce lait s'écoule dans un récipient, dont les dimensions peuvent être bien plus petites que celles de la première cuve de dépôt, parce qu'ici la fécule se trouve mélangée avec une très petite quantité d'eau, soit environ la moitié du volume primitif.

Après le déposage de la fécule on décante de nouveau le liquide éclairci et l'on enlève la couche supérieure dans laquelle vont se concentrer les débris du tissu, et on la met avec la fécule grise.

Ces diverses opérations : agitation suivie de décantation, déposage et séparation des sons, se répètent aussi longtemps que la fécule ne se présente pas parfaitement pure et blanche.

Les appareils de décantation

Pour décanter l'eau de la couche de fécule déposée dans les cuves ou les bassins, on se sert de divers appareils qui, d'abord très primitifs, ont subi depuis quelques années des perfectionnements considérables.

Le but que doivent remplir les appareils de décantation consiste, soit à donner issue à l'eau de laquelle on a précipité la fécule, ou à décanter l'eau tenant en suspension la fécule, tandis que la matière cellulaire tombe au fond (amidonnerie de riz). Dans le premier cas, il ne peut y avoir de

difficultés, l'appareil étant facile à construire ; mais il n'en est plus de même dans le second qui demande une construction soignée, faite avec une grande précision.

Nous indiquerons ci-dessous les conditions que doivent remplir les décanteurs les plus employés.

La disposition la plus ancienne adoptée pour décanter l'eau, et qui a presque complètement disparu aujourd'hui, consiste, comme nous l'avons dit plus haut, à percer des trous à différentes hauteurs dans les douves d'une cuve, fermés par des bondes. Selon les besoins, on les retire à mesure pour laisser écouler l'eau jusqu'à niveau déterminé. Comme une telle disposition ne peut être employée avec les bassins cimentés, on a songé à employer à leur place des armatures en fer fixées dans la maçonnerie. Dans le milieu de cette armature se trouve une série de trous en zig-zag pour recevoir le robinet.

Dans les nouvelles constructions, on a renoncé à cette série de trous, parce qu'il est superflu, dans la plupart des cas, d'avoir des trous de soutirage sur toute la hauteur du bassin, et que ces trous ne permettent d'ailleurs pas d'enlever facilement la couche de gras ; en même temps, on y pratique des trous dans lesquels on fixe des tubes avec robinets pour soutirer l'eau. Les portes sont rendues étanches par l'interposition de feuilles de caoutchouc. Comme on sait à peu près d'avance le niveau qu'atteindra la fécule en se déposant, il sera facile de calculer la hauteur à donner aux portes pour les gras et le soutirage de l'eau.

Pour éviter les inconvénients que présente l'emploi des syphons, on emploie des tubes avec flotteurs, comme l'indique la figure 59. Ces tubes sont fixés à un tuyau de fer qui traverse le mur au pied du bassin pour donner une issue au liquide ; souvent il est muni de robinets. A l'extrémité supérieure, le tube porte un flotteur, généralement une petite planche dont le poids ramène l'orifice du tube exactement au

niveau de l'eau. Du même coup, on arrive à faire écouler toute l'eau jusqu'à ce que l'extrémité supérieure du tube vienne reposer sur la couche de fécule.

Pendant qu'on remplit le bassin avec de l'eau féculente et pendant que la fécule se dépose, on accroche l'extrémité supérieure du tube, qui est assez long, contre le mur ; pour soutirer l'eau au moment voulu, on n'a qu'à lui donner ensuite la position qu'il porte sur la figure 60.

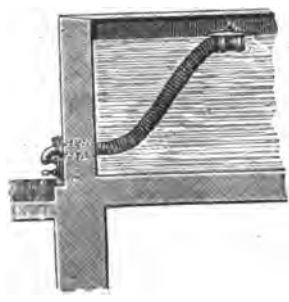


Fig. 59.

Il ressort de ce qui précède que l'emploi du tube flotteur est très recommandable. Par contre, on se plaint beaucoup de son peu de durée ; d'autre part, son emploi présente certaines difficultés dans les laveurs de fécule, le tube devant être appliqué à une certaine profondeur de la cuve et étant exposé à être touché par l'agitateur.

Pour décanter, le tube flotteur n'est pas plus recommandable que le syphon simple, parce que ces dispositifs agitent trop le liquide qui surnage la fécule.

Une disposition très appropriée par la décantation consiste en un tuyau en fer ou en cuivre qui se meut dans une charnière et qui est fixé dans le bassin de la cuve, à une profondeur aussi grande que possible, et qui se prolonge en bas par un coude horizontal aboutissant à l'intérieur du récipient. Souvent l'embouchure extérieure est fermée par un robinet. Comme le tuyau est mobile autour de sa charnière, on fixe son extrémité supérieure à une corde ou une chaîne, ce qui permet de lui donner telle inclinaison qu'on veut pour lui permettre de suivre la couche d'eau à mesure qu'elle diminue. Inutile de dire que cette disposition répond à toutes les exigences. Lorsqu'il est dans sa position verticale,

il occupe si peu de place qu'il ne gêne en rien l'agitateur. On peut le régler de façon à donner à l'écoulement une grande précision. Mais ce système n'est pas sans inconvénient. On ne peut pas fixer les tuyaux à un niveau assez bas, les charnières se détériorent rapidement et fuient. Ensuite, leur installation spéciale dans chaque cuve ou bassin revient un peu cher.

Pour remédier à ces inconvénients et réduire le nombre de décanteurs à leur plus simple expression, Uhland a construit l'appareil représenté figure 60, qui se prête aussi bien au soutirage qu'à la décantation. Cet appareil n'exige aucune ouverture ni maçonnerie dans la paroi du bassin ; il est facilement transportable et un seul appareil suffit pour toute une série de bassins. Comme on peut le retirer après soutirage, il ne gêne en rien l'action de l'agitateur. Sa manipulation est régulière et absolument sûre. Une fois qu'il est introduit dans la cuve et fixé contre ses parois, on règle au moyen d'une vis la profondeur que le tuyau doit atteindre dans la cuve, on ouvre le robinet qui se trouve à l'extrémité supérieure du tuyau et l'on verse de l'eau dans l'entonnoir qui le surmonte. L'eau introduite dans le tuyau extérieur produit de l'aspiration dès qu'on a fermé le robinet, et l'eau du bassin coule à l'extérieur jusqu'à ce qu'on ouvre de nouveau le robinet. On peut aussi adapter un robinet à l'extrémité inférieure du tuyau extérieur pour interrompre instantanément l'écoulement.

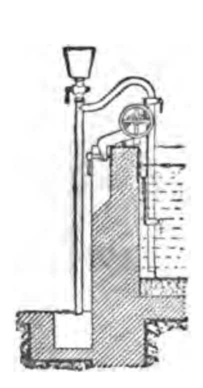


Fig. 60.

ÉPURATION DE LA FÉCULE BRUTE PAR LAVAGE SUR PLANS INCLINÉS

Comme on l'a vu plus haut, la fécule pure se dépose plus rapidement que les débris de cellule dans un liquide au repos ;

la même chose a lieu dans une matière fluide, coulant lentement sous forme d'une couche de peu d'épaisseur. Si on fait parcourir à un pareil liquide un long trajet, on voit se déposer sur la plus grande partie de son parcours de la fécule pure, tandis que les débris restent en suspension et peuvent être, une fois arrivés au bout du chemin, dirigés avec l'eau dans un réservoir spécial. Pour effectuer le lavage on se sert d'un plan formant rigole.

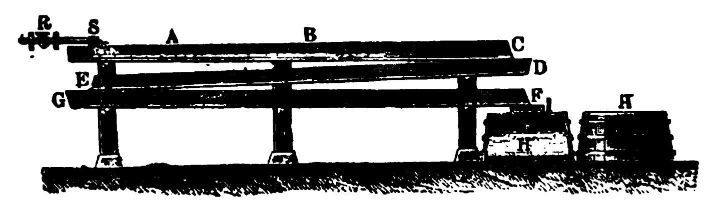


Fig. 61. — Plan de dépôt. Elévation.

Cet appareil est représenté par les figures 61 et 62. Pour réduire autant que possible l'emplacement occupé par l'appareil, on coupe souvent le plan en trois tronçons qu'on superpose en les fixant inclinés l'un vers l'autre sur de solides supports. A C est le premier, D le deuxième et F le troisième tronçon du plan. La fécule est coulée en A C et arrosée par un faible filet d'eau, qui se déverse en A d'un tube R muni d'une pomme d'arrosoir fine S ; un ouvrier vient gratter avec une brosse la surface de la couche de fécule, en même temps le filet d'eau pousse les parties légères en avant et dépose, en continuant sa course, la fécule purifiée dans les rigoles D et F ; de là, l'eau chargée de fécule s'écoule par un petit égouttoir I dans le bac H. Le résidu est ensuite remué à son tour et entraîné par l'eau dans le bac H'. Là on laisse déposer, on tire le liquide clair avec un siphon dans le bac H'' et on recommence l'opération aussi souvent que cela est nécessaire.

Les plans inclinés jouent un grand rôle dans la fabrication de la fécule, car ils constituent le moyen le plus simple de séparer la fécule première de la fécule grise et des petits sons.

Les plans inclinés remplacent jusqu'à un certain point les machines centrifuges dans la fabrication de l'amidon de maïs et de froment ; l'inverse ne serait pas exact ; les machines centrifuges ne pourraient pas remplacer les plans de dépôt ; mais en combinant les deux on peut arriver à produire une fécule extrafine se vendant avec prime.

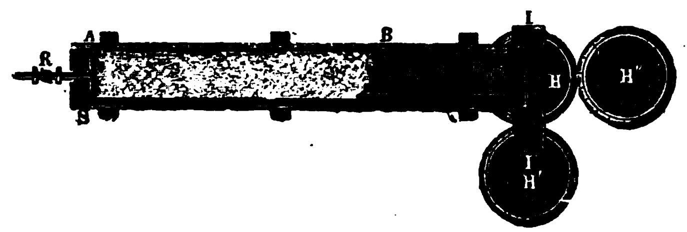


Fig. 62. — Plan de dépôt. Vue de dessus.

Beaucoup de féculeries répudient les plans inclinés, eu égard au faible effet utile qu'ils produisent, soit au point de vue de la quantité, soit à celui de la qualité. Cela vient certainement de ce que leur construction est défectueuse. On peut affirmer, sans exagération, que sur 100 installations de ce genre il n'y en a pas 10 qui soient établies d'une façon rationnelle.

Voici les principes qui doivent guider dans cette installation.

La longueur totale d'un système ne doit pas être inférieure à 25 mètres ; en règle générale, on lui donne 30 mètres. Mais comme on ne peut lui donner cette longueur dans beaucoup de fabriques, on peut superposer les plans avec déversoir, de telle sorte que le mélange féculent qui coule dans le premier plan revienne au point de départ par un second placé au-dessous du premier. Lorsque la hauteur des bâtiments le permet, on peut superposer ainsi quatre plans dont chacun a 25 à 30 mètres de parcours. La largeur la plus avantageuse est de 1 mètre.

La pente, variable suivant la matière première mise en œuvre, est de 3 à 5 m/m par mètre courant.

La construction des plans inclinés n'est pas aussi facile qu'on serait tenté de le croire d'abord, et ce n'est pas le premier menuisier venu qui pourrait s'en charger. Elle exige au contraire le concours d'un ouvrier spécial très expérimenté, car ces plans doivent présenter une surface parfaitement plane, qui ne doit pas varier avec le temps. C'est pourquoi aussi, il faut n'employer que du bois qui ne soit pas sujet à dévier ; les jointures doivent être l'objet de soins tout particuliers ; le bois de pin ou de mélèze, sans nœuds, est le meilleur à employer.

Les plans inclinés doivent être soutenus par des supports à des distances de 2,5 à 3 mètres ; en général, on se sert de supports en bois, reliés par des traverses sur lesquelles reposent les plans. Ces traverses sont munies d'un jeu de vis qui permet de rectifier leur position verticale, et par suite de donner aux plans la position voulue. Afin d'empêcher autant que possible les plans de dévier, on peut donner aux traverses qui les supportent la forme de pinces qui les enchâssent et les retiennent. Les supports et les traverses en fer assurent mieux la conservation de la forme primitive des plans.

Pour que le liquide féculent s'écoule sur toute la largeur des plans, il faut ménager une chute au point de départ du liquide ; l'application d'une simple planche taillée en biseau sur un de ses bords et posée en travers du plan suffit généralement. Cette planche forme alors à la tête du plan un petit réservoir de 30 centimètres de long, dans lequel la fécule s'écoule en jet serré du robinet ou du tuyau de la cuve. La fécule remplit d'abord ce petit réservoir ; finalement elle déborde et s'écoule par-dessus la planche. Celle-ci présente encore l'avantage de retenir les grains de sable ou autres impuretés lourdes qui peuvent se trouver dans la fécule.

Il arrive parfois que les circonstances locales ne permettent

pas d'installer le bassin collecteur en tête des plans, avec retour. Dans ce cas, on modifie l'installation en superposant les plans.

Lorsqu'on dispose d'un emplacement suffisant, il est préférable, cependant, d'installer les plans sans retour, sur une longueur de 25 à 30 mètres.

Il est indispensable de relier les plans avec une cuve spéciale qui renferme le liquide. Cette cuve est munie d'un agitateur qui fonctionne sans interruption pour éviter le dépôt de la fécule. Pour empêcher que la fécule ne soit souillée sur les plans par l'introduction de débris de bois ou autres impuretés, on place sous les robinets de la cuve un petit tamis qui retient les corps étrangers.

Conduite du travail sur les plans a blanchir

Jusqu'à présent nous n'avons décrit qu'un travail purement mécanique dont le réglage est aisé, tandis qu'au plan à blanchir rien n'a pu jusqu'alors remplacer cette habileté personnelle, ce tour de main que l'on possède plus ou moins. On a bien inventé et essayé des plans équilibrés chargés de conserver aux dépôts de fécule un niveau constant, mais ils ne suppriment pas la manutention exigée pendant une coulée de 8 à 10 heures sur 24, car, sauf cela, les plans de dépôt dits à blanchir deviendraient inutiles, on n'aurait qu'à prendre la fécule du tamis à blanc, pour l'envoyer directement aux turbines sans passer par le travail du plan. L'opération que nous entendons par tour de main comprend deux phases :

1° Le réglage de la vanne de sortie en remontant cette dernière au fur et à mesure que la fécule s'élève sur le plan ;

2° La surveillance continuelle pour empêcher la formation d'aucunes sinuosités à la surface extérieure de la fécule, ces

sinuosités ayant la particularité d'attirer à elles les corps gras, les impuretés qui passent avec le courant d'eau.

Ce travail du plan à blanchir prime tous les autres en féculerie. Cela est si vrai qu'en beaucoup de féculeries on épure les fécules sur les seuls plans à blanchir et que sans turbines ni cuves on obtient même de beaux produits.

Il y a plusieurs systèmes de plans : les plans pleins à secousses ; ceux à claies avec toiles également à secousses. Ces derniers doivent non seulement épurer la fécule, mais lui enlever plus rapidement que par simple dépôt la plus grande quantité possible de l'eau qu'elle contient : ces avantages sont précieux quand il s'agit de fécules à livrer vertes. Enfin, en activant la déshydratation des matières, on supprime les chances de fermentation.

C'est pour cette raison qu'il faut établir sur les plans de dépôt fixes, surtout si les produits ne peuvent être conduits immédiatement au travail suivant, un courant d'eau claire qui, la coulée finie, baigne la fécule de façon à lui éviter tout contact avec l'air.

Un plan à blanchir répondant à la quantité de matière à travailler que nous avons choisie comme exemple doit avoir au minimum 2 mètres de large sur 8 mètres de long, et $0^{m},40$ de hauteur. La figure 63 en fera comprendre la structure.

1° En F, arrivée des matières qui sortent du tamis ;

2° en A, compartiment mobile à volet B, réglage à volonté, de façon à former une lame mince d'une épaisseur constante. La matière est ainsi répartie uniformément sur toute la largeur de l'espace fourni par le plan ;

3° en E, bac en tôle ou toute autre matière (c'est la partie principale de l'appareil) ; ce bac aura les dimensions données plus haut ;

4° en D, volet articulé et mobile, complètement horizontal lorsque commence la coulée et s'inclinant lorsqu'elle est terminée, comme le fait voir la figure 63 ;

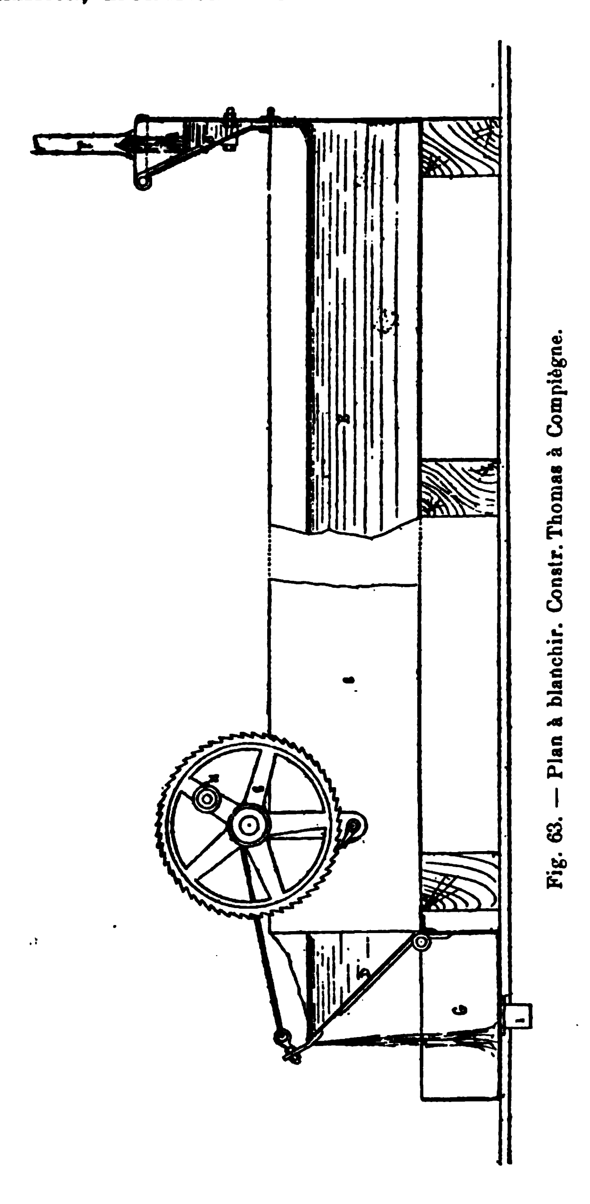


Fig. 63. — Plan à blanchir. Constr. Thomas à Compiègne.

5° en H et C, rochet à manivelle permettant de mettre au point voulu le volet D ;

6° en G, nochère recevant les eaux du travail (Nous reviendrons sur ce point).

Quand il s'agit de fécules à turbiner, la quantité d'eau qu'elles contiennent importe peu, car elles doivent être délayées de nouveau. Si, au contraire, on veut passer les fécules directement aux étuves, il est préférable d'employer le plan à secousses qui a des dimensions moindres que celles du plan fixe (2 mètres de large sur 3 mètres de long). Le plan à secousses fournira en un laps de temps très court des fécules ne contenant que 50 à 60 0/0 d'eau, exigeant une heure de travail là où le plan fixe aurait demandé 5 heures environ.

M. Thomas estime que le plan fixe est à supprimer partout où il n'y a pas de turbines, vu que l'égouttage s'y fait trop lentement et que, si l'étuvage ne suit pas immédiatement, des fermentations se produisent qui donnent aux fécules une mauvaise « odeur de poulailler » qui, sans rien enlever de sa valeur à la fécule, devient cependant préjudiciable quand il s'agit de livraisons à certaines industries qui exigent de la fécule parfaite.

Les féculiers qui emploient encore ces procédés défectueux doivent donc travailler rapidement, sans jamais laisser au contact de l'air les fécules avant leur déshydratation complète. Ils obtiendront alors des produits qui ne laisseront plus subsister cette renommée fâcheuse à certaines contrées dont les fécules ont, dit-on, un goût de terroir.

Les cuves en fer sont à éviter dans les féculeries qui ne travaillent qu'une partie de l'année, à cause de l'oxyde de fer qui se forme pendant la période de chômage et qui, imperceptible dans la fécule verte, jaunit la fécule sèche.

Dans les amidonneries qui travaillent toute l'année, il y a moins d'inconvénients à les employer (1).

(1) *Zeitschr. f. Spiritusind*, 1887, 30.

Le plus souvent, les bassins sont faits en ciment. Lorsqu'on se sert de cuves en bois, il faut après chaque campagne les vider et les sécher complètement, puis les enduire d'acide carbolique brut, préalablement chauffé. Cet acide pénètre dans les pores du bois et le garantit de toute pourriture. Avant d'utiliser ces cuves à nouveau, on devra les remplir d'eau et les laisser quelques jours à l'air libre.

Blanchiment et essorage de la fécule par la force centrifuge

L'effet utile des appareils centrifuges est dû, comme tout le monde sait, à la force centrifuge. Si on introduit dans un tambour mobile autour d'un axe vertical un liquide tenant en suspension des corps solides de grosseur et de pesanteur variables, et si l'on imprime au tambour une rotation rapide, son contenu aura une tendance à se porter vers la périphérie ; le liquide vient se presser contre la paroi avec une telle violence qu'il s'élève contre elle et forme un cercle parfait, à tel point que le centre du tambour est vide presque jusqu'au fond. L'effet de la force centrifuge est d'autant plus accentué que les corps solides en suspension dans le liquide sont plus gros et plus lourds. Par suite, les corps les plus lourds sont projetés les premiers vers la périphérie ; il en résulte un groupement des corps renfermés dans le liquide : les matières les plus lourdes, telles que la fécule, chercheront la périphérie du panier, tandis que les matières légères, les graisses si gênantes dans le travail ordinaire, se réunissent vers le centre du panier où il sera commode de les enlever avec une petite râclette de plâtrier. C'est cette propriété qui a fait adopter les appareils centrifuges en féculerie.

Nous avons supposé ci-dessus que les parois de l'appareil

sont closes ; le liquide ne pourra donc en sortir, c'est-à-dire qu'il formera l'anneau central de la masse allant vers la périphérie et qu'il reprendra sa position horizontale à l'arrêt de l'appareil ; les corps solides, au contraire, c'est-à-dire la fécule dans le cas qui nous occupe, reste collée contre la paroi, tellement serrée et comprimée, qu'elle forme des anneaux plus ou moins durs et résistants.

Si la paroi du tambour est percée de trous fermés seulement par une matière filtrante quelconque, laissant passer l'eau, mais non les corps solides, le même fait se produit encore avec cette différence qu'elle cherche une issue à travers les corps solides et sortira du tambour par les ouvertures qu'on a ménagées à cet effet, tandis que d'un autre côté le groupement des corps solides ne sera pas aussi nettement tranché que si le tambour était absolument clos. C'est le but à atteindre qui doit donc déterminer le choix du fabricant entre le tambour percé de trous et le tambour fermé. Chaque fois que l'on voudra obtenir un groupement parfait des grains de fécule et leur séparation des corps étrangers, gluten, fibres végétales, etc., on adoptera le tambour fermé ; si l'on veut se borner, au contraire, à débarrasser la fécule de son excès d'eau, et non spécialement l'épurer, on adopte le tambour à paroi perforée. De là, division des centrifuges en appareils de raffinage et en appareils de déshydratation.

Nous avons vu que l'effet utile de ces appareils est basé sur la force centrifuge. Or, cette force augmente avec la vitesse de rotation du tambour, c'est-à-dire avec le diamètre du tambour et le nombre de rotations qu'il fait à la minute. On a donc intérêt à donner au tambour des dimensions assez grandes et un grand nombre de rotations à la minute. Avec de grands tambours on peut donner une charge plus forte à la fois, tout en obtenant de bons résultats ; avec des tambours de petite dimension, le travail est lent et moins parfait. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que les dimensions du tam-

bour sont limitées d'abord par le prix d'achat, ensuite par le danger d'explosion, et jusqu'à un certain point par la force motrice qu'il exige.

La résistance des parois des tambours dépend de leur épaisseur et de la charge qu'on lui impose, la pression vers la périphérie étant d'autant plus forte que la charge est plus lourde; le tambour doit, par suite, être d'autant plus solide que la charge qu'on lui impose est plus forte. Pour une raison de même ordre, un tambour fermé doit être plus fort qu'un tambour percé. Car si l'on suppose la charge égale pour les deux genres d'appareils et ceux-ci de même grandeur, la charge du tambour percé ira en diminuant par suite de la sortie de l'eau pendant la marche, tandis que la pression ira en augmentant dans le tambour clos par suite de l'accumulation du contenu sur la paroi, qui est dès lors obligée de supporter une pression très élevée.

Quiconque a observé la marche d'un appareil centrifuge peut se rendre compte de la force considérable qui y est mise en jeu, et l'on comprend dès lors que non seulement le tambour, mais encore son arbre et sa base doivent être construits solidement et d'une manière rationnelle. Le tambour a souvent une tendance à élever l'arbre et à l'arracher de sa base; ceci a lieu surtout lorsque l'arbre est relativement court et qu'il manque de jeu.

Il est essentiel de munir le centrifuge d'un frein, non pas pour amener un arrêt instantané, ce qui serait impossible et dangereux, mais un arrêt aussi rapide que possible en cas de danger ou d'accident. Le frein doit être appliqué directement sur le côté du tambour lui-même ; c'est là que son action sera le plus énergique. Il doit, en outre, être d'un accès et d'une manœuvre faciles. Le mieux est d'appliquer le levier du frein de telle sorte que l'ouvrier puisse aisément le saisir de la main droite, tandis que de la main gauche il agit sur le levier de commande de la transmission. Plus le maniement de ces deux

organes sera facile, plus l'ouvrier aura de facilité pour gouverner son appareil.

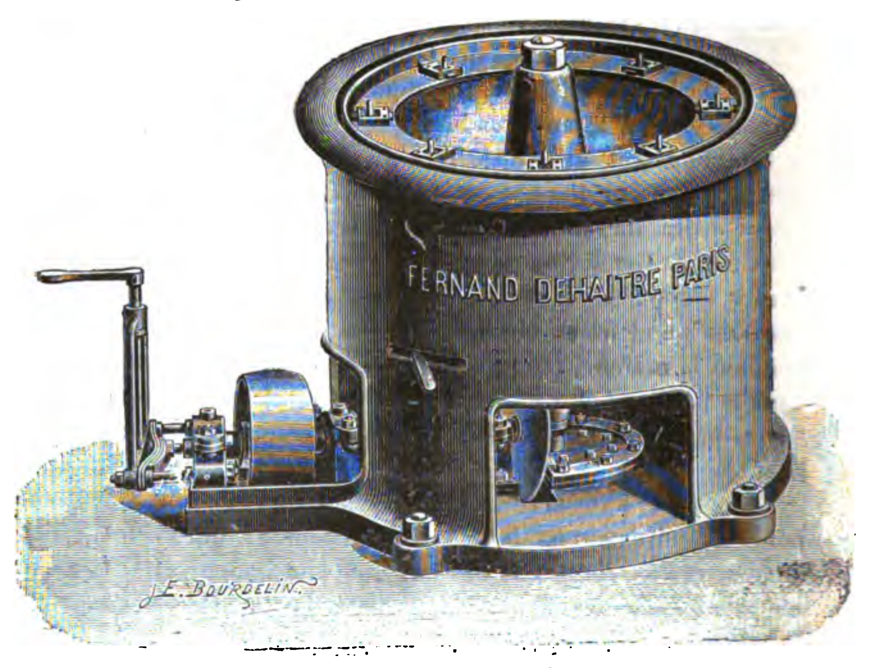


Fig. 64. — Turbine centrifuge spéciale pour le traitement de la fécule, construite par la Maison Fernand Dehaître, Paris.

De ce qui précède il ressort que le tambour de la turbine doit être d'une construction solide, de matériaux de premier choix, de façon à présenter le maximum possible de résistance.

Dans les féculeries d'Allemagne et autres pays de production de fécules, les turbines centrifuges sont universellement employées : en France, elles commencent également à être utilisées : on les impose dans toutes les nouvelles installations. Les turbines, en effet, tout en essorant 35 à 45 0/0 d'eau des fécules, continuent l'épuration et le blanchiment. Elles ont

donc pour premier avantage de produire une siccité de 35 à 40 0/0 au lieu de 60 0/0, ce qui réduit considérablement l'importance des étuves et la durée de l'étuvage, sans compter qu'une fécule est d'autant plus belle qu'elle a moins séjourné dans les étuves. Le second avantage est qu'elles épurent la fécule.

Enfin, les turbines font peu de déchets : la fécule est contenue dans un appareil pour ainsi dire hermétiquement fermé d'où elle ne peut s'échapper.

Essoreuses spéciales pour le traitement des fécules.

Ces essoreuses sont construites par la maison Fernand Dehaître de Paris qui s'en est fait une spécialité.

Le modèle le plus couramment adopté est avec panier cuivre étamé de 0m 800 de diamètre, commande à friction et mouvement en dessous avec embrayage et débrayage instantanés.

Le panier perforé est garni intérieurement de toiles filtrantes pour retenir la fécule.

Ces toiles doivent pouvoir se changer facilement pour être nettoyées ou remplacées.

A cet effet le bord supérieur, du panier, au lieu d'être rivé sur la virole comme dans les essoreuses ordinaires, est mobile et relié à la virole par une série des verrous qui offrent toute sécurité comme fermeture puisque l'effort de la force centrifuge tend toujours à les fermer.

Une fois ce bord enlevé, le panier est facilement accessible à l'intérieur pour le changement des toiles : ces toiles sont fixées en haut et en bas de la virole par des cercles mobiles fixés par des vis.

Un treillage métallique interposé entre la toile et la virole

perforée permet de soutenir la toile tout en lui donnant le maximum de surface filtrante.

Ces essoreuses sont d'un maniement pratique, d'un grand rendement et offrent toute sécurité par leur robustesse de construction.

La douille supérieure qui maintient l'arbre vertical est conique et à rattrapage de jeu concentrique à l'arbre dont par conséquent on ne détruit jamais la parfaite verticalité.

Le pivot inférieur repose sur une série de grains superposés en métaux différents ne pouvant pas se souder les uns aux autres, ce qui par suite évite tout grippage ; il est d'ailleurs noyé dans une crapaudine remplie d'huile.

On ne doit pas continuer à alimenter l'appareil pendant la marche, car on recouvrirait ainsi les impuretés et elles resteraient dans la fécule. En traitant la fécule pendant 2 1/2 minutes, on la ramène à 40,00 0/0 d'eau, tandis que si on fait durer l'opération 5 minutes, on réduit la teneur en eau à 37 0/0. Plus la fécule est déshydratée dans le centrifuge, moins elle mettra de temps pour sécher à l'étuve et moins on sera exposé à obtenir d'empois au séchoir.

Deux hommes, ou un gamin et un homme suffiront au travail qui nous occupe si les turbines ont des paniers de 1 mètre ; avec celles de 0^{m},750 il faudra un homme de plus.

Il est nécessaire que ce travail, si les précédents ne l'étaient pas, soit fait à la tâche. Il est ainsi plus régulier, surtout si l'on coordonne celui de l'étuvage. On évitera ainsi l'envoi aux étuves de fécule trop humide.

Ajoutons en terminant que les turbines ne rendront tous les services qu'on est en droit d'en attendre que si elles sont établies avec beaucoup de soins, surtout dans leurs fondations. Construites et installées négligemment, elles fourniront non seulement un mauvais travail, mais elles présenteraient des dangers pour les ouvriers.

Application. — Avant de lever le plan, on le laisse égoutter pendant 1 heure environ. Près de ce plan à blanchir doit exister une petite cuve à délayer, carrée ou ronde, destinée à recevoir la fécule que l'ouvrier enlèvera du plan en ayant soin de commencer par son extrémité. Cette cuve portera :

1° Un agitateur mobile ;

2° A sa partie supérieure, un robinet qui fournira l'eau nécessaire pour remettre la fécule à l'état liquide ;

3° A sa partie inférieure, près du bord ou dans un angle si la cuve est carrée, un clapet dit clapet de baignoire. Ce clapet devra être actionné par une tige verticale et un levier qu'une chaîne de conduite mettra sous la main des turbineurs de façon à ne jamais laisser de lait de fécule dans le tuyau de la cuve allant aux turbines.

Si la cuve en question, au lieu d'être sur le plancher du plan à blanchir, était en dessous, il faudrait installer une pompe marchant continuellement, c'est-à-dire ayant retour sur la cuve. Dans le parcours du tuyau de refoulement on fixerait un robinet, placé aussi à portée des turbineurs. Un tuyau de caoutchouc adapté, soit au clapet, soit au robinet, desservira facilement toutes les turbines.

Pour les besoins d'une usine répondant au travail que nous avons pris comme base dans ce traité, il faudra deux turbines à panier de 1 mètre, ou quatre avec panier de $0^{m},750$. Les premières donneront environ 100 kilogrammes de fécule sèche, les secondes 40 kilogrammes.

Blanchiment de la fécule

On a souvent conseillé l'emploi de l'acide sulfurique pour blanchir la fécule dont l'aspect ne répondait pas aux exigences

du commerce, mais ce moyen n'a pas donné de bons résultats. On a aussi recommandé le chlore qui permet de donner à la fécule une blancheur éclatante et qui a, de plus, l'avantage de pouvoir en être éliminé ensuite complètement, et de ne lui communiquer ni odeur, ni saveur. Mais l'odeur pénétrante du chlore se répandra forcément dans toute l'usine et même dans le voisinage, ce qui peut être pour le fabricant une cause de réclamations et même de procès.

M. Hermite blanchit la fécule au moyen du sel marin par voie électro-chimique. Ce procédé peut-être appliqué de deux manières :

Première manière. — A l'aide de l'électrolyseur on électrolyse une dissolution de sel marin et de chlorure de magnésium et on ajoute une certaine quantité de cette solution à la fécule verte en mélangeant bien toute la masse ; une demi-heure suffit pour blanchir et désinfecter complètement la fécule. On lave ensuite la fécule sur plan ou bien on la turbine à la manière ordinaire.

Deuxième manière, qui convient surtout pour le traitement des gras. — On ajoute à la masse à traiter une certaine quantité de sel marin et de chlorure de magnésium, et à l'aide d'une pompe on la force à passer plusieurs fois dans l'électrolyseur pour subir l'action du courant électrique. On lave ensuite à la manière ordinaire sur plan ou à l'essoreuse.

Le procédé Hermite donne de la fécule parfaitement blanche et sans aucune odeur.

On avait bien proposé aussi de blanchir la fécule au moyen du chlorure de chaux ou de l'eau de Javel, mais ces agents renferment une grande quantité de chaux ou de soude libre qui attaquent la fécule et changent ses propriétés. Dans le procédé Hermite on agit avec un liquide ne renfermant au-

cune base libre et ce liquide détruit les matières nuisibles sans changer en rien la fécule.

Les frais de traitement par le procédé Hermite sont très bas.

Repassage de la fécule extraite des gras

La fécule extraite des gras et des rinçures est généralement vendue à l'état brut, ou bien elle est soumise à un raffinage spécial et vient alors augmenter la proportion de fécule première ou seconde.

La fécule de gras se compose généralement des grains de fécule les plus ténus et de cellulose en quantité d'autant plus grande que le tamis de repassage a été moins fin. Passée au tamis n° 40, la fécule de gras renferme :

94 parties d'amidon.
6 parties de cellulose.

Si l'on soumet cette fécule au raffinage aussitôt après son extraction, on obtient, en éliminant complètement la cellulose, de la fécule qui se distingue très peu de la fécule première ; si au contraire, on attend la fin de la campagne pour l'épurer, il est difficile de lui enlever une nuance jaune qu'elle contracte dans l'intervalle.

La fécule de gras représente environ 1/3 de la fécule totale extraite dans une campagne ; le prix de vente est à la fécule seconde et première comme 1 : 2 : 3. Dans une féculerie mettant en œuvre 2.000.000 de kilogrammes, de pommes de terre pendant une campagne, on peut obtenir 360.000 kilogrammes de fécule sèche avec un bon travail ; 1/3 de cette quantité, soit 120.000 kilogrammes représente de la fécule troisième ou de gras, qui à 14 francs les 100 kilogrammes représente 16.800 francs.

Si au contraire, on en extrait complètement la cellulose, il en reste 112.800 kilogrammes, qui à 30 francs les 100 kilogrammes représentent 33.840 francs, soit le double que dans le cas précédent, alors que les frais d'épuration sont relativement peu élevés.

Il en résulte que l'on a tout avantage à épurer la fécule des gras et que l'on a tort de les vendre à l'état brut.

Pour épurer les gras on les étend d'eau de manière à en faire une espèce de lait clair, et on fait passer le mélange par un tamis de soie oscillant n° 15. Les grains de fécule traversent le tamis, tandis que les débris fibreux y sont retenus. L'arrivée de l'eau féculente sur le tamis doit être réglée de manière à ne pas être trop rapide, si l'on ne veut pas s'exposer à une perte plus ou moins considérable. Le tamis doit avoir au moins 3 mètres de long, la fécule ne pouvant être complètement séparée des débris fibreux et épurée par le lavage que si le trajet que doit parcourir le mélange est suffisamment long. De même, l'inclinaison du tamis ne doit pas être trop forte, 5 centimètres au plus. Un tube criblé de trous, fixé au-dessus du tamis et aussi long que celui-ci, amène l'eau qui doit arroser sans interruption le mélange.

Le lait de fécule qui s'écoule du tamis est versé sur des rigoles ou plans de 20 à 30 centimètres, sur lesquels la fécule se dépose ; on obtient alors en tête du plan une fécule assez pure qu'on ajoute parfois à la fécule première, tandis que la fécule qui se dépose vers la partie inférieure est ajoutée à la fécule deuxième. Ces rigoles doivent être bien construites, rigoureusement planes, avec obstacle en tête pour retenir les impuretés lourdes, etc.

Dans les petites fabriques, ces rigoles sont souvent trop courtes ou en trop petit nombre ; il est facile d'y remédier. Pour voir si l'eau qui s'en écoule est bien épuisée, il suffit d'en recueillir un échantillon dans un verre et de l'examiner après repos.

Les eaux provenant des plans inclinés et des cuves de déposage sont écoulées dans de grands bassins où on les laisse déposer ; on fait en sorte qu'elles se décantent automatiquement par débordement de l'un dans l'autre. A la fin de la campagne on recueille pour la travailler à part la fécule qui a pu se déposer encore.

Par des tamisages répétés sur des tamis de soie fins, et déposage sur rigoles, on réussit à extraire des dépôts (mélange d'eau, de fibres végétales ténues et de matières albuminoïdes) une certaine quantité de fécule de qualité inférieure. Ce qui rend ce travail difficile, c'est la formation de bactéries qui, par leur mouvement dans l'eau, entravent le dépôt de la fécule et développent dans le liquide une odeur nauséabonde. Si l'on soumet à un examen microscopique les dépôts recueillis dans les bassins des eaux résiduaires, on y trouve une grande quantité de bactéries en forme de bâtonnets, et aussi de sarcines, bien connues pour les troubles qu'elles apportent dans la fabrication de la bière.

Comme moyen général pour supprimer les bactéries, on a conseillé l'emploi de l'acide sulfurique, de l'acide sulfureux et des sulfites (le bisulfite de chaux, par exemple), mais il en faut des quantités importantes (1 — 5 l. d'acide sulfurique ou 1/2 l. — 1 l. de bisulfite de chaux par cuve) ; mais la fécule provenant des cuves ainsi traitées, conserve une acidité qui résiste aux lavages les plus soignés. C'est pourquoi il faut éviter d'employer ces antiseptiques dans le travail des tubercules pourris où ils seraient cependant d'un grand secours. L'acide sulfureux est à peu près le seul agent employé et malgré cela, la fécule obtenue est presque toujours acide.

Certaines fabriques font rentrer continuellement dans le travail la fécule de rinçures ; cette manière d'opérer n'est pas à conseiller. Il vaut mieux travailler ce produit à part à la fin de chaque semaine, de chaque mois, ou seulement à la fin de la campagne, suivant les circonstances. Les rinçures gagnent

à être abandonnées à elles-mêmes pendant quelques semaines ; elles subissent alors une sorte de décomposition qui facilite la séparation ultérieure de la fécule ; plus cette décomposition est avancée, plus il sera facile d'extraire la fécule.

*
* *

Emploi du permanganate de potasse. — *Emma Kesztles* a pris un brevet autrichien qui a pour objet l'épuration des bas produits qu'on obtient dans la fabrication de la fécule de pommes de terre ou d'autres matières, et d'en fabriquer des produits de même qualité que le produit principal. A cet effet, les bas produits sont repris dans les bassins de dépôt, traités dans des bacs munis d'agitateurs, délayés, acidulés avec de l'acide sulfurique, puis traités avec du permanganate de potasse ou de soude. Ce traitement ne produit aucun précipité, mais l'oxygène mis en liberté produit une épuration et un blanchiment très énergiques. La quantité de permanganate est dosée suivant le degré de pureté du lait de fécule ; pendant ce temps, on agite continuellement jusqu'à blanchiment complet. Il est facile d'observer la fin de la réaction, attendu que dans ce procédé il ne se forme pas de précipité de bioxyde de manganèse ; on cesse d'agiter, et la fécule se dépose au fond du bac. On décante le liquide acide surnageant, puis on lave la fécule à l'eau fraîche qu'on renouvelle plusieurs fois. Finalement on neutralise les traces d'acide, s'il y a lieu, avec de la soude. La fécule ainsi obtenue ne se distinguerait nullement de la fécule première ; on peut l'épurer séparément, comme nous venons de le dire, soit ensemble avec la fécule première.

Enfin, rappelons en terminant qu'on a trouvé avantageux de faire passer les gras par la râpe, à cause de l'aération qu'ils subissent dans cette opération et qui est défavorable aux bactéries.

Travail des pommes de terre gelées ou pourries

Pommes de terre gelées. — Les pommes de terre gelées se râpent aussi bien que celles non gelées, mais comme elles sont plus dures, elles exigent une force motrice plus considérable. Il serait bon, dans ce cas, d'installer un laveur spécial à eau tiède.

La fécule de pommes de terre gelées se dépose plus difficile ment et prend souvent une nuance grisâtre. L'expérience a montré qu'en ajoutant 1/6 de litre de bisulfite de chaux par mètre cube d'eau pour le tamisage de la pulpe, cet inconvénient ne se produit pas. Par ce moyen non seulement la fécule se dépose mieux, mais elle est aussi plus blanche.

Pommes de terre pourries. — Lorsqu'on met en œuvre des pommes de terre pourries, elles apportent avec elles une foule de bactéries et de ferments organisés qui se développent dans l'eau, produisent des fermentations donnant lieu à un mouvement constant dans le liquide, ce qui empêche la fécule de se déposer. De plus, celle-ci a une apparence gris sale, elle est coulante, et son prix de vente est toujours faible.

Pour supprimer ces inconvénients, il faut en supprimer les causes, c'est-à-dire les bactéries. A cet effet, on applique deux modes de traitement, suivant qu'on fabrique de la fécule verte ou de la fécule sèche.

Lorsqu'on fabrique de la fécule verte, on peut sans inconvénient ajouter un peu d'acide sulfurique à l'eau de tamisage de la fécule. Mais l'emploi de cet acide exige des précautions, car il est très facile de dépasser la mesure exacte ; un excès d'acide empêchant également la fécule de se déposer. L'addition de 1 litre d'acide sulfurique concentré par mètre cube d'eau suffit dans la plupart des cas. Le mieux est de faire un essai en petit avec une proportion d'acide moindre en

se servant de verres à expérience ou d'éprouvettes graduées dans lesquelles on introduit des quantités égales de fécule et des proportions différentes d'acide; suivant les résultats qu'on obtient, on calcule la quantité d'acide nécessaire pour le travail courant.

L'addition d'acide au lait de fécule s'effectue le mieux dans la rigole qui conduit l'eau féculente des tamis à la cuve de déposage. Au-dessus de la rigole, on installe un tonneau renfermant la quantité d'acide sulfurique dilué nécessaire pour le travail d'une journée.

Lorsqu'on ajoute l'acide dans la cuve de déposage, on y verse lentement l'acide dilué (en quantité nécessaire pour un travail donné) dès que le lait de fécule est mis en mouvement par l'agitateur. On obtient ainsi un mélange parfait. On laisse reposer quelques instants, puis on mélange encore une fois.

Lorsqu'on fabrique de la fécule sèche, l'emploi de l'acide sulfurique n'est pas à conseiller; car le commerce exige que la fécule soit absolument neutre. Or, elle retient l'acide avec une grande ténacité, malgré les nombreux lavages qu'on lui fait subir. On a encore la ressource de neutraliser l'acide par un alcali, tel qu'une solution de potasse caustique; mais c'est là une opération dangereuse entre des mains inexpérimentées, car le moindre excès d'alcali qui échapperait au lavage donnerait à la fécule une teinte jaunâtre, et l'exposerait en outre à se *granuler*, par formation d'empois, dans la dessiccation ultérieure.

On a donc recours au *bisulfite de chaux*, qu'on peut se procurer dans le commerce en solution claire, incolore, ayant une légère odeur d'acide sulfureux. Ajouté à l'eau de lavage, le bisulfite de chaux se décompose en sulfate de chaux (plâtre) et en de faibles proportions d'acide sulfureux qui est ensuite neutralisé dans la plupart des cas par les traces de carbonate de chaux qui préexistent dans l'eau. La fécule traitée ainsi a une réaction neutre. L'emploi du bisulfite de chaux exige les

mêmes précautions que celui de l'acide; quant à la dose à employer, elle doit toujours être déterminée par un essai en petit. Pour donner une base aux fabricants nous pouvons affirmer que 1/2 litre par 1.000 litres de cuve suffit dans la plupart des cas. Le mode de mélange avec le liquide est le même que pour l'acide sulfurique.

Nous ferons remarquer encore que, outre son action destructive sur les bactéries, l'acide sulfureux exerce encore sur la fécule, quoique dans une mesure atténuée par la dilution, une action décolorante. Dans une féculerie, on avait ajouté 1 litre de bisulfite de chaux par cuve de 3.000 litres dans la première eau de lavage, tandis qu'une autre cuve servant de témoin n'en avait pas reçu. Un échantillon de fécule prélevé sur la première cuve avait une nuance légèrement bleuâtre, tandis qu'un échantillon pris de la cuve témoin avait une nuance jaunâtre. Les deux échantillons avaient une réaction neutre (1).

(1) Dr Saare, *Zeitschr. f. Spiritusind*, 1888, 48.

CHAPITRE V

ÉTUVAGE ET DESSICCATION DE LA FÉCULE

Les blocs de fécule, tels qu'on les retire des cuves de dépôt ou des appareils centrifuges, renferment encore une importante quantité d'eau qu'il est nécessaire d'enlever avant de livrer le produit achevé au commerce. Ce n'est que lorsque la fécule est destinée à la fabrication des glucoses ou de la dextrine qu'elle peut être mise en œuvre à l'état humide comme *fécule verte.*

La quantité d'eau retenue par la fécule verte varie suivant le traitement auquel elle a été soumise. Si elle a été épurée à l'aide de l'appareil centrifuge, elle forme une masse compacte, relativement peu humide. La fécule obtenue par déposage est beaucoup plus aqueuse.

ALIMENTATEUR CIRCULAIRE DESSERVANT LES TURBINES ET L'ÉTUVE

En sortant des turbines, la fécule est jetée dans un appareil qui l'envoie à l'étuve. Cet organe intermédiaire a son importance. Il doit, en effet, par sa contenance, pouvoir servir de petit magasin d'attente, c'est-à-dire retenir la matière travaillée de façon à ce qu'il n'y ait aucune intermittence dans l'arrivée à l'étuve. Faute de cette précaution, le séchage serait irrégulier et donnerait un produit laissant à désirer.

Ordinairement l'étuve est au premier ou au deuxième plancher du bâtiment, ce qui nécessite un élévateur partant du

sol. Si cet élévateur n'avait qu'une trémie, il se produirait un tassement des fécules et l'alimentation serait irrégulière. On a donc imaginé un chariot à mouvement alternatif lent ou circulaire formé par une cuvette de tôle, de fonte ou de bois et conforme à la figure ci-contre.

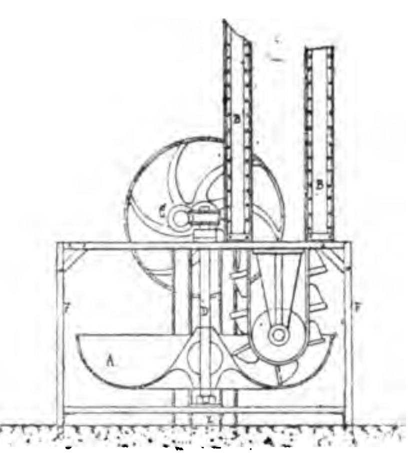


Fig. 65. — Chariot à mouvement circulaire Constr. Thomas à Compiège.

Il est facile de voir que, par suite du mouvement circulaire et horizontal du chariot, la fécule turbinée mise en A rencontrera un barrage animé d'un mouvement, c'est-à-dire l'élévateur vertical dont les godets trancheront dans la masse. Cette disposition aussi simple qu'ingénieuse est due à M. Ancel, féculier à Compiègne. D'ailleurs, l'appareil primitif a reçu de nombreux perfectionnements qui assurent sa marche lente, qui est ici indispensable.

L'élévateur vertical n'a rien de particulier ; il peut être légèrement incliné et sera complètement en métal. La raison qui motive cette dernière condition est la suivante : l'élévateur prend de la fécule humide qui, à la partie supérieure de l'appareil, est exposée à une température assez élevée ; le bois ne pourrait supporter ces transitions de température sans se détériorer.

Le séchage artificiel se fait dans des étuves ou séchoirs à courant d'air chaud (par ventilation naturelle ou artificielle). Les étuves sont, en général, des chambres plus ou moins longues et peu élevées, munies au plafond de plusieurs issues

de vapeur ; sur les parois sont distribués des conduits réchauffeurs dans lesquels circule la vapeur d'échappement de la machine à vapeur ; le chauffage peut aussi s'effectuer au moyen d'un calorifère. Les chambres sont remplies aussi complètement que possible de claies chargées de fécule humide, et chauffées ensuite jusqu'à ce que la fécule soit parvenue au degré de dessiccation voulu.

Pour qu'une étuve soit parfaite, il est essentiel que l'évaporation de l'eau se fasse avec un minimum de dépense de combustible, ce qui ne peut être réalisé qu'autant que l'air chaud se sature complètement d'humidité. L'étuve ordinaire ne répond en aucune façon à ces conditions. Supposons d'abord les choses au mieux dans les étuves de ce système, voici ce qui arrive : L'air extérieur entre dans l'étuve, s'échauffe au contact des conduits de vapeur ou du calorifère qu'il rencontre, s'élève en raison de sa dilatation et de la diminution de son poids spécifique, traverse uniformément toutes les couches de fécule, se sature tant que la fécule est très humide, et sort enfin par les cheminées d'appel. Ce phénomène ne dure qu'un temps relativement court. Bientôt la fécule est assez séchée à la surface, mais le courant d'air sort avec une intensité constante, et l'air ne pouvant plus se saturer d'humidité, une grande partie de la chaleur se perd sans aucun profit à travers les issues. Si l'on cherche ensuite à modérer le courant d'air par la fermeture partielle de toutes ces issues, on risque d'affaiblir le tirage et, par suite, de retarder le séchage. De plus, il ne faut pas perdre de vue que les courants d'air se dirigent de préférence là où ils rencontrent le moins de résistance, ce qui a toujours lieu aux points morts qui jouent jusqu'à un certain point le rôle de cheminées, et conduisent l'air chaud par la voie la plus directe aux issues. En outre, si les dimensions de l'ouverture, par laquelle l'air du dehors s'introduit dans l'étuve, ne sont pas exactement proportionnées aux dimensions des issues de vapeur, celles-ci agiront en par-

tie comme aspirateurs et feront affluer par le plafond dans la chambre de dessiccation l'air froid du dehors, qui réagit sur les couches supérieures de la fécule en les refroidissant, et retarde ainsi non seulement le séchage, mais peut même provoquer des abaissements subits de température. Enfin, ces sortes d'étuves présentent encore l'inconvénient grave de ne se prêter que difficilement au maintien d'une température uniforme dans toutes leurs parties. La température peut être si élevée dans le voisinage des tuyaux de chauffage que la fécule est exposée à se transformer en empois, tandis que la dessiccation sera incomplète dans d'autres parties de l'étuve. On évite ces inconvénients en construisant les étuves de telle sorte que l'air chaud soit forcé de faire un long trajet en contact avec la fécule ; à cet effet, on fait arriver l'air chaud et sec, dès son entrée dans la chambre, en contact avec de la fécule dont la dessiccation est déjà avancée ; plus loin, à mesure que la température de l'air s'abaisse, et qu'il absorbe l'humidité, on le met en contact avec la fécule humide jusqu'à saturation complète. On peut en même temps diriger le courant d'air horizontalement par les ventilateurs, ou bien encore le laisser monter verticalement suivant sa direction naturelle.

Les différents systèmes d'étuves

Les étuves plus anciennes, qu'on retrouve encore dans quelques féculeries, se composent simplement de claies en bois disposées pour recevoir des petits tiroirs ou châssis dans lesquels on dépose la fécule. Le soleil est ici le seul agent de dessiccation. Inutile de faire observer qu'un pareil système ne peut être appliqué que dans une toute petite usine.

Un autre système est celui à air chaud. Dans ce système, le plus mauvais étuvage est celui qu'on pratique à l'aide d'un

poèle placé au milieu d'une pièce dont les murs forment des étagères en plâtre appelées *aires*, et sur lesquelles on jette la fécule sortant des plans à blanchir. Le poêle dégage toujours de la poussière et l'étuvage est par conséquent défectueux, tout en revenant très cher (1 fr. 50 par sac de 100 kilogrammes). Un autre inconvénient très grave de ce procédé est la fréquence des incendies ; cela est si vrai que les Compagnies d'assurances refusent d'assurer les usines ainsi installées ou exigent un versement annuel si considérable que les féculiers hésitent à s'assurer malgré les menaces d'une catastrophe toujours imminente.

Un étuvage à air chaud de beaucoup préférable est celui qui consiste à employer comme source de chaleur le foyer Michel Perret, qui est d'ailleurs économique lorsqu'on a sous la main des déchets de matières combustibles ; de plus, ce foyer est installé en dehors de la chambre de dessiccation où des conduites amènent l'air chaud. Dans ce genre d'installation deux chambres sont nécessaires : l'une est en décharge, l'autre en activité. L'inconvénient principal est l'entrée continuelle dans la chambre-étuve d'un ouvrier qui se trouve exposé, non sans danger pour lui, à une température de 40 à 60°. Il est vrai qu'on peut y obvier en donnant à la chambre une forme rectangulaire très allongée où l'on fait circuler de petits wagonnets à étages supportant des châssis mobiles contenant une faible épaisseur de fécule. Cette disposition permet d'introduire dans l'étuve une quantité de fécule égale à celle qui en sort. Un ventilateur à air chaud active la dessiccation. De plus, un aspirateur est placé à l'autre extrémité pour l'évacuation. Cette disposition facilite la manutention et est moins onéreuse. On estime que la mise sur châssis, la main-d'œuvre d'étuvage et de reprise des matières ressort à environ 1 franc par 100 kilogrammes.

Un étuvage plus avantageux est celui à la vapeur. Toute cause d'incendie disparaît et l'on n'a pas à craindre d'impu-

retés. Il y a plus de trente ans, un industriel de l'Oise, cherchant à utiliser la chaleur perdue par la vapeur de son moteur, utilisait cette dernière en l'envoyant dans des tablettes en tôle à double paroi, creuses par conséquent. Il réussit au delà de son attente. La chaleur produite était telle que la fécule ne pouvait être déposée sur la tôle même et qu'il fallut interposer un treillage en bois, puis une toile. A partir de ce moment, les féculeries de l'Oise, de France et de l'Etranger adoptèrent en majorité ce mode d'étuvage. Aujourd'hui, on superpose plusieurs tablettes de façon à ne pas laisser perdre la chaleur rayonnante. Dix mètres superficiels dè ces tablettes sèchent en 10 heures 100 kilogrammes de fécule sortant du plan à 50-60 0/0 d'humidité. S'il s'agit de fécules turbinées de 35 à 40 0/0 d'eau, il ne faut qu'une superficie moitié moindre, soit 5 mètres pour sécher 100 kilogrammes de fécule. La dépense ne peut être supérieure à 0 fr. 50, même si l'on prend de la vapeur directement sur le générateur dans le cas où l'usine marcherait hydrauliquement ou avec condensation. Ces étuves sont les plus employées ; on peut y remplacer la toile et la claie par du carton qui a un pouvoir absorbant très grand, ou des lames de cuivre très minces ; le récoltage de la fécule est ainsi moins coûteux et la dépense est diminuée d'autant.

Étuves automatiques

Les étuves automatiques sont appelées à rendre de réels services, surtout lorsque la pratique les aura débarrassées des défauts inhérents à toute nouveauté industrielle.

En théorie, l'étuve la mieux conçue serait celle qui présenterait le caractère de continuité et qui pourrait, à l'aide du vide et à basse température, amener les fécules à siccité. Une usine dont l'installation permettait cet essai a tenté ce procédé

d'étuvage ; l'expérience a prouvé que la fécule ainsi séchée était plus belle que celle obtenue par les autres procédés. Mais, l'importance énorme qu'exigeraient les appareils construits d'après ce principe, même pour une fabrication restreinte, leur prix de revient, la force considérable que le jeu des pompes réclame, tout, malheureusement, fait craindre que de longues années s'écoulent encore avant que ce problème ait reçu une solution pratique. D'autant plus que la féculerie aurait plutôt besoin de réduire ses frais de fabrication que de les augmenter.

Les premiers appareils, rappelant d'assez loin d'ailleurs les étuves automatiques, datent d'une cinquantaine d'années et étaient dus à Lacambre et Persac.

Etuve de Lacambre et Persac. — Cette étuve (fig. 66) était autrefois employée dans la plupart des fabriques. Elle se compose d'une chambre en maçonnerie au-dessous de laquelle est monté un calorifère, généralement un grand poêle A, muni d'une rangée de tuyaux *bcdefij*, que l'air chaud traverse pour entrer dans la cheminée, après avoir abandonné par rayonnement la plus grande partie de son calorique. L'air extérieur afflue par des ouvertures pratiquées dans l'aire de la chambre, s'échauffe au contact des tuyaux du calorifère, monte à travers des ouvertures D dans l'étuve et passe dans la direction des flèches, progressivement au-dessus des plans inclinés C′ C C^1 C^2 jusqu'en C^7, pour sortir chargé de vapeur par les issues C^8 C^9 C^{10} au haut de l'étuve. La fécule se dirige en sens contraire, de haut en bas, à la rencontre de l'air, après avoir été projetée à travers le volet B^4 sur la première tablette C^7, d'où elle glisse graduellement vers le bas de l'étuve par-dessus les tablettes C^6 C^5, etc., communiquant avec les volets B^3 B^2, etc., et arrive ainsi sèche sur la dernière tablette C, d'où elle tombe par le plan incliné C et le volet B dans des sacs ou réservoirs spéciaux.

Etuve à toile sans fin. — Une autre étuve également em-

ployée beaucoup autrefois diffère de la précédente par son aménagement : ici la fécule n'est pas graduellement dirigée à la main de haut en bas ; ce travail s'effectue mécaniquement par une disposition spéciale. La construction du calorifère est, par contre, identique à celle de l'appareil ci-dessus, seulement au lieu de plans inclinés tournés l'un vers l'autre, ce

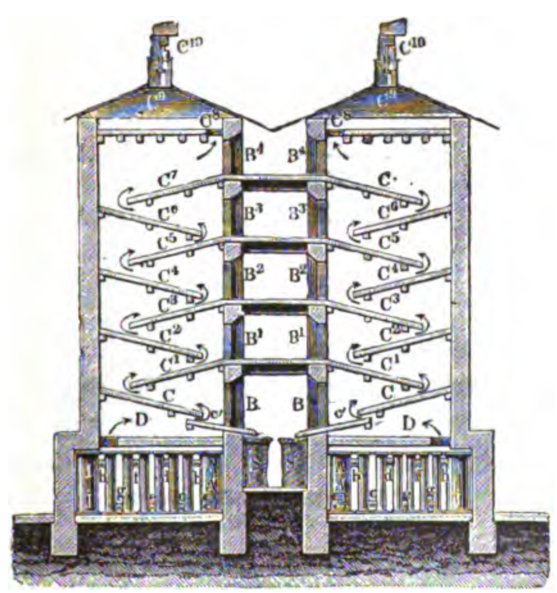


Fig. 66. — Etuve de Lacambre et Persac.

sont 10 à 12 toiles sans fin, superposées horizontalement, tendues chaque fois entre deux cylindres et mises en mouvement à une vitesse uniforme par des roues d'engrenage d'égale grandeur, fixées sur l'axe de chaque cylindre. Les toiles sans fin se meuvent alternativement en sens contraire ; en commençant par le haut, la première, la troisième, la cinquième, la septième, la neuvième évoluent de gauche à droite,

tandis que la deuxième, la quatrième, la sixième, la huitième, la dixième se meuvent de droite à gauche.

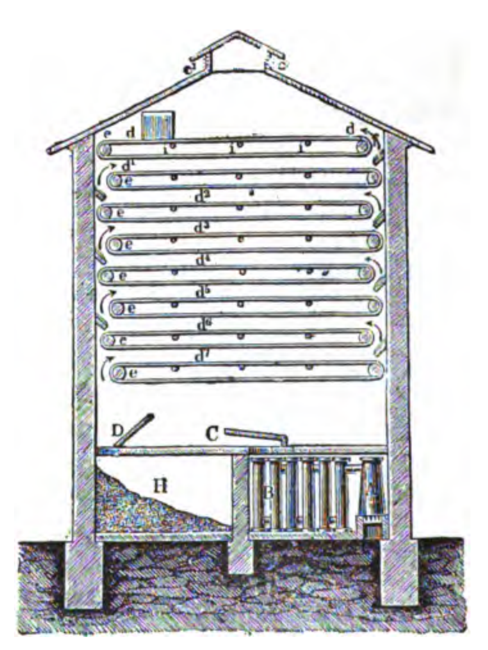


Fig. 67. — Etuve à toile sans fin.

En conséquence, la fécule humide étendue du côté gauche de l'étuve, sur la première toile, sera transportée par cette toile à son extrémité droite, de là elle tombe, à mesure que la toile continue sa course, sur une courte planche fixe et inclinée, d'où elle glisse sur la deuxième toile, qui marche dans un sens opposé, de façon à la faire revenir après quelque temps vers le côté gauche de l'étuve. La fécule rencontre ici un autre plan incliné, qui la conduit sur une troisième toile, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elle arrive, complètement sèche, au bas de l'étuve, où elle tombe dans un réservoir.

Étuve de Langlois perfectionnée

Le principe de l'étuve que nous venons de décrire fut repris dans la suite par un nommé Langlois, très connu en féculerie, et qui créa l'étuve automatique en toile sans fin, utilisant comme source de chaleur la vapeur d'eau, qu'il faisait circuler dans des tablettes creuses placées entre les deux brins de la toile sans fin. Ce procédé fut essayé pour la première fois chez M. Félix Ancel à Compiègne. Tout d'abord, le succès ne sembla pas répondre à l'attente des expérimentateurs. M. Ancel vit sa fécule mise à l'index, comme étant de mauvaise fabrication. Mais, cet industriel avait pleine confiance dans l'étuve qui lui supprimait de la main-d'œuvre et lui procurait une économie de temps ; il aida à perfectionner l'étuve Langlois et ne tarda pas à voir le succès couronner ses efforts et sa persévérance.

Bien que les étuves automatiques ne soient pas très répandues, on n'en a pas moins constaté que pour réussir dans ce genre d'étuvage, les produits à sécher exigent une préparation particulière.

Ainsi :

1° Une usine qui monterait l'étuve automatique sans turbines s'exposerait à bien des mécomptes. En effet, la fécule à traiter dans ces étuves ne doit pas contenir plus de 35 à 45 0/0 d'eau ; elle doit y perdre 20 0/0 d'eau au plus ;

2° L'alimentation sera régulière et la masse introduite de poids constant ;

3° La distribution de la fécule doit être telle que la première toile (toile supérieure) ne reçoive qu'une matière divisée, blutée pour ainsi dire, et sur une épaisseur variant seulement de 1 à 2 millimètres.

Ces trois observations sont de la plus grande importance.

Nous en réservons quelques-unes pour les précautions qui doivent suivre l'étuvage.

L'étuve automatique doit être placée dans une chambre rectangulaire bien close, munie de fenêtres et de jours à carreau. Ces jours seront ouverts ou fermés suivant les exigences de la température extérieure. Dans cette chambre arrivera l'élévateur à fécule turbinée A décrit plus haut et qui déversera sa charge par une coulotte sur la turbine B, chargée de réduire aussi finement que possible la fécule à traiter.

Au-dessous de la turbine on a disposé des palettes rotatives qui doivent aérer la masse féculente avant d'arriver sur la première toile superposée aux tablettes de vapeur DD.

Sur le cliché on voit la première toile filant sur la gauche ; la fécule arrivée à cette extrémité tombera sur la toile inférieure animée d'un mouvement directement opposé à celui de la précédente et, de chute en chute, se rendra dans l'hélice E.

PP, Colonnes d'arrivée de la vapeur.

QQ, Colonnes de sortie de la vapeur.

SSSS, Tendeur de bâti servant à tendre, d'un seul coup, toutes les toiles.

L'ensemble de l'appareil devra avoir une inclinaison assez prononcée pour faciliter l'écoulement de l'eau condensée qui devra retourner au bac d'alimentation de la chaudière à vapeur.

Les toiles devront être en coton ; le chanvre résiste bien moins à la forte chaleur constante des tablettes. Elles seront garnies de baguettes transversales de façon à ce qu'elles ne se plissent pas et s'enroulent facilement sur les rouleaux également garnis de courroies de coton.

Rapport entre les dimensions des différentes parties de l'appareil et le travail à produire. — Ce rapport varie avec le degré d'hydratation des fécules et leur état de division à leur

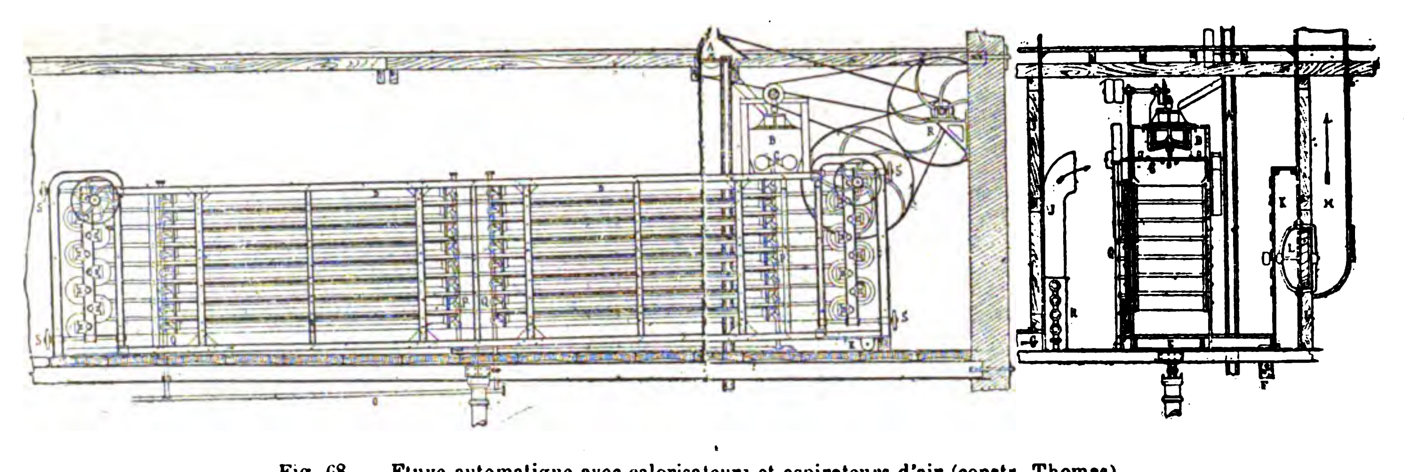


Fig. 68. — Etuve automatique avec calorisateurs et aspirateurs d'air (constr. Thomas).

arrivée sur l'appareil. Mais, quelque restreinte que soit l'installation, il y a des limites minima dans la vitesse et la longueur des toiles, aussi bien que dans la surface de chauffe, dont on ne peut s'écarter. Le parcours des toiles ne pourra pas être inférieur à 65 mètres et la surface de chauffe moindre de 100 mètres carrés; le laps de temps pendant lequel la fécule restera sur l'appareil ne peut être de moins de 20 minutes.

Si, comme précédemment, nous prenons comme base un travail de 30.000 kilogrammes de pommes de terre et un rendement en fécule de 20 0/0, rendement maximum qui n'est pas souvent atteint, nous aurons 600 kilogrammes de fécule sèche à 18-20 0/0 d'eau à l'heure. Si nous admettons que la fécule verte, à son arrivée sur l'étuve, contient 40 0/0 d'eau, teneur maximum pour l'obtention d'un bon séchage, l'étuve aura les dimensions suivantes :

Parcours de toile ayant 1 mètre de largeur. . .	125 mètres.
Surface de chauffe	200 —
Durée de l'étuvage.	20 minutes.

Ces données, très suffisantes, ne le seraient plus si l'évaporation de l'eau n'était pas éliminée au fur et à mesure, comme l'indique l'aspirateur L (fig. 68). De même, si la température de l'air admis n'était pas élevée au préalable par le calorisateur H, et si la pulvérisation de la fécule n'était pas complète à son arrivée sur la première toile supérieure.

Un autre point essentiel est que la température de l'étuve ne dépasse jamais 50° C, sinon on s'expose à avoir des fécules atteintes d'un commencement de transformation en semoule ou tapioca qui lui ôte le lustre et le brillant exigé par le commerce.

La quantité de vapeur détendue qui est nécessaire pour sécher la quantité de fécule désignée ci-dessus sera d'environ

70 kilogrammes, soit environ 10 kilogrammes de charbon par sac de fécule, c'est-à-dire pour évaporer respectivement 20 litres d'eau par 100 kilogrammes de fécule.

Mais, nous le répétons, il ne suffit pas de fournir de la chaleur en quantité, il faut avant tout une ventilation raisonnée, agissant uniformément dans toute la masse, et sans courants pour ne pas faire d'entraînements de matière sèche. En agissant de la sorte, on obtiendra une dessiccation parfaite et rapide et on aura d'aussi beaux produits que par n'importe quel mode d'étuvage.

Quant aux frais de main-d'œuvre exigés par le fonctionnement de cette étuve, ils sont pour ainsi dire seuls, puisque l'appareil fait son travail sans le secours d'ouvriers. Admettons, si l'on veut, un gamin préposé à la surveillance, et c'est tout. La dépense de combustible est également nulle, puisqu'on se sert de la vapeur perdue par l'échappement d'un moteur de 10 à 15 chevaux; mais, lors même qu'on aurait recours à une chaudière spéciale pour produire de la vapeur, la dépense en combustible reviendrait, si nous prenons le charbon à 25 francs la tonne, à raison de 0 fr. 25 par sac de 100 kilogrammes.

Séchoir a chambre, système Uhland

Dans ce séchoir (fig. 69 et 70), l'air chaud suit la direction des flèches ponctuées, tandis que la fécule se meut dans la direction opposée. L'air chaud entre en L*e*, parcourt la partie V*w* et se rend vers la partie inférieure H^2 pour y être réchauffé au degré voulu; de là il est chassé dans le séchoir proprement dit, qu'il traverse et sort finalement par L*a*.

Le chauffage se fait soit par la vapeur, soit par un calorifère. La vapeur de retour est généralement suffisante.

On introduit les tablettes à fécule par la porte E, on les fait avancer au moyen du mécanisme M et on les retire par la porte A.

Ce séchoir à une longueur de 20-30 mètres et une section d'environ 1 m² ; le séchage de la fécule s'y fait en quatre heures. Il est suffisant pour un travail journalier de 15.000 kilogrammes de pommes de terre.

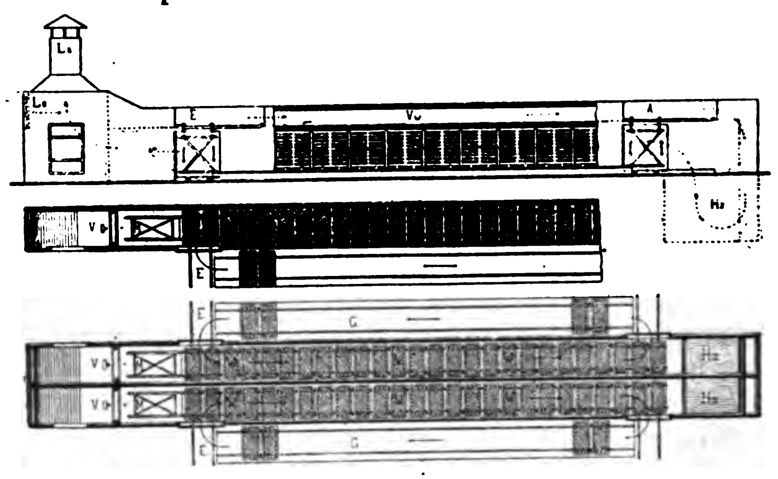


Fig. 69 et 70.— Etuve Uhland.

BLUTAGE DES FÉCULES

Certains consommateurs de fécule désirent l'avoir en grains, d'autres l'exigent blutée, suivant les usages auxquels on la destine. Au point de vue théorique, la fécule blutée sera toujours un peu plus pure que la fécule non blutée, attendu que le blutage aura éliminé soit des matières étrangères, soit des fécules ayant subi un commencement de grillage à l'étuve. Au point de vue commercial, il y a peut-être l'équivalent, car la fécule blutée coûte toujours un peu plus cher que la fécule en

grains. La fécule employée dans l'alimentation doit toujours être blutée, de même que celle qui sert à apprêter les tissus de valeur.

Avant d'être blutée, la fécule doit être refroidie et divisée dans un appareil broyeur-diviseur qui désagrège les agglomérations formées pendant l'étuvage.

Pour refroidir la fécule, on la fait circuler dans des hélices aérées, d'une longueur à déterminer suivant la disposition de l'usine, mais qui ne doit pas être inférieure à 10 mètres de long ; on peut encore faire tomber la fécule dans une chambre à mélanger, bien aérée.

L'appareil diviseur est le même que celui employé dans les moulins à farine et représenté par la figure 71 ci-dessous.

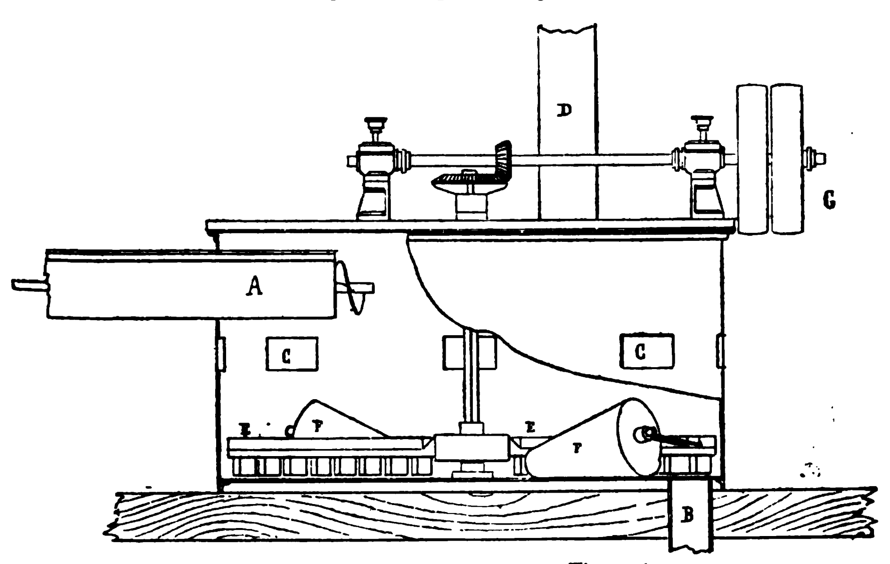


Fig. 71. — Broyeur à fécule (const. Thomas).

Il se compose d'un cylindre ou tambour placé sur un plan horizontal. En A est l'arrivée de l'hélice amenant la fécule ; en B est la sortie de la fécule se rendant à la bluterie ; C sont

des regards ménagés pour assurer la circulation de l'air ; E sont des râteaux dont les lames sont placées sur un angle de 22 degrés ; F sont les rouleaux broyeurs de forme tronconique dont le développement reste proportionnel au chemin que leur fait parcourir la rotation ; D est une cheminée d'appel d'air, le tambour étant fermé à sa partie supérieure. La vitesse donnée aux rouleaux et râteaux est déterminée selon le diamètre donné au tambour et telle qu'elle force la matière à s'éloigner du centre pour passer par l'ouverture B, tandis que l'arrivée de la fécule doit être aussi rapprochée que possible du centre.

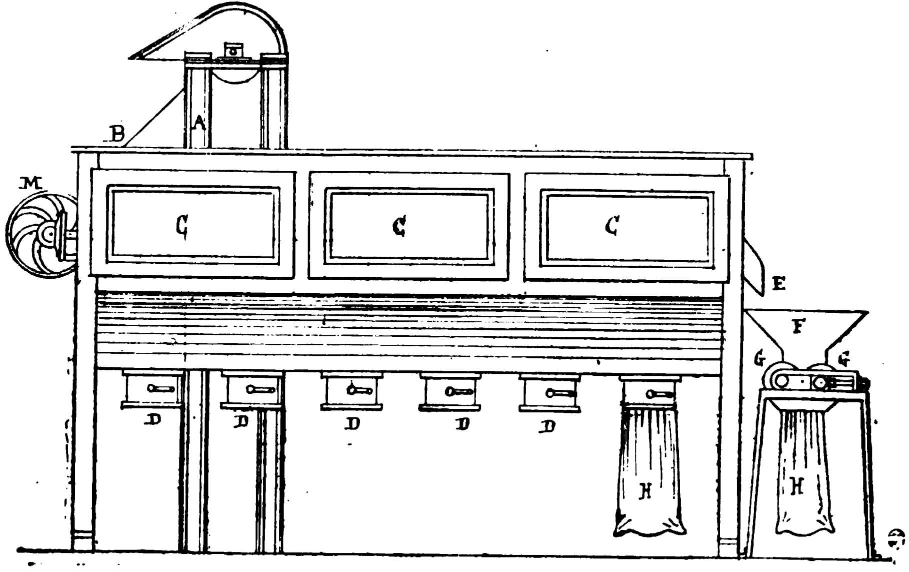


Fig. 72. — Bluterie.

La bluterie est identiquement la même que celle employée dans tous les moulins à farine. A la sortie de l'appareil, les refus de la bluterie retombent dans un concasseur F, (fig. 72) et de celui-ci dans un sac. Cette fécule a un peu moins de valeur que celle des sacs provenant de la blûterie.

Ensachage des fécules

La fécule doit être ensachée immédiatement après le blutage. La raison en est bien simple : c'est un produit d'une belle blancheur sur lequel les poussières et autres impuretés laissent des traces ; il est donc urgent de le mettre à l'abri de ces inconvénients.

La fécule se met généralement dans des sacs d'une contenance de 100 kilogrammes. Dans certaines régions, telles que le centre, on la met en sacs d'une contenance de 125 kilogrammes. Pour la fécule de qualité supérieure, des sacs neufs conviennent mieux que des sacs ayant déjà servi, car ces derniers peuvent être sales. Les sacs neufs, dès qu'ils sont pleins, sont cousus et gommés. Cette dernière opération consiste à faire un empois assez épais avec des restants de fécules avariées, qu'on délaie dans de l'eau bouillante ; on laisse refroidir, puis avec une brosse dite boulangère on badigeonne le sac plein sur tous les côtés, puis on l'emmagasine dans un endroit sec. Si la fécule est mise dans de vieux sacs de commerce, il n'est pas nécessaire de les gommer, car ils l'ont généralement été dès leur entrée en féculerie.

Il faut avoir soin de ne pas ensacher la fécule dans un état de siccité trop avancée et de ne pas tasser les sacs, car s'ils sont vieux et trop chargés, il s'ensuivra que quand la fécule reprendra son degré d'hydratation normale, soit en magasin, soit en cours de route, les sacs crèveront. C'est là un sérieux inconvénient, puisque les sacs sont pesés dès l'ensachage.

Le travail des bas produits

En féculerie, on obtient généralement trois ou quatre qualités de produits, savoir :

1° La fécule supérieure ;

2° La fécule de qualité courante ;

3° Les secondes de premier ou de repassage des pulpes ;

4° Les troisièmes.

Pour la première et la deuxième catégories, des types sont consacrés par des Chambres syndicales qui font loi entre les acheteurs et les vendeurs. Ces types, dits officiels, sont à la disposition de tous requérants et de toute personne qui veut en posséder. Ces échantillons sont contenus dans des flacons cachetés et scellés ; ils sont vendus au profit du trésor des Chambres syndicales qui les émettent.

Beaucoup de féculiers vendent en dehors de ces conventions sur type échantillonné, sur reconnaissance à l'usine ou en entrepôt.

Les fécules supérieures sont d'autant plus belles qu'on a fait plus de bas produits ; la chose est facile à comprendre. En temps régulier elles valent généralement 2 ou 3 francs de plus que celle qui les suit ; le même écart existe à peu de chose près pour les qualités suivantes.

On estime que la fabrication des premières supérieures donne 25 0/0 en moyenne de secondes, que celle de qualité courante en donne 15 0/0. Ces données n'ont rien d'absolu, car les proportions de rendement peuvent se modifier sensiblement selon la qualité des pommes de terre et leur état de conservation.

Maintenant, quels sont les avantages à faire l'une ou l'autre qualité en plus ou moins grande quantité ? Seul l'industriel est juge de la chose, car le principal facteur qui le guidera sera sa situation par rapport aux débouchés de ses produits et la fluctuation des cours.

Le travail des sous-produits est plus simple que le travail des premiers, puisqu'on n'a plus à s'occuper du râpage, mais d'un simple tamisage.

Ces sous-produits, provenant des matières mises en œuvre,

se sont déposés pendant la durée de la fabrication des fécules premières dans des plans à bassin de dépôt. En supposant un travail de 3000 kilogrammes de pommes de terre à l'heure, ces plans de dépôt auront une surface plane d'environ 300 mètres sur 300, et 1 mètre de profondeur. Leur établissement doit être conçu de telle sorte que le courant d'eau qui sert de véhicule aux fécules légères qu'elle tient en suspension, les dépose au moins dans le parcours du bassin de dépôt des fécules légères. A cet effet, le courant de l'eau devra être insensible ; il est donc nécessaire de l'établir sur une grande largeur, soit de 8 à 10 mètres.

Comme le dépôt de ces fécules dans les cuves est parfois très lent et incomplet, on a recours à l'acide sulfurique qui effectue une précipitation rapide. On l'emploie à raison de 10 grammes par sac de fécule, en ayant soin de le diluer dans la proportion de 10 litres par 100 litres d'eau ; on laisse refroidir le liquide avant de le mélanger au lait de fécule. La préparation de l'eau acide exige quelques précautions : elle doit être manipulée dans des récipients en bois munis d'une cannelle par où elle alimentera la cuve de dépôt ; pendant que celle-ci est en agitation, la proportion moyenne sera d'environ 1 litre par 2 mètres cubes. Après cette opération on n'aura qu'à remettre de l'eau après décantation à la cuve autant de fois qu'il sera nécessaire pour faire disparaître complètement les traces de l'acide.

On emploie également le chlorure de chaux, mais dans un but différent. Le chlorure de chaux n'a pas la même action que l'acide sulfurique : il a plutôt pour but de blanchir la fécule. A cet effet on l'emploie dans la proportion de 1 kilogramme par mètre cube.

Certains industriels emploient le bisulfite de chaux. Celui-ci est d'un emploi délicat en féculerie et les doses doivent varier suivant les circonstances ; on les déterminera par des essais directs.

Enfin, un autre agent assez souvent employé pour le blanchiment de la fécule, c'est l'acide sulfureux.

Cet acide se présente soit à l'état gazeux, soit en solution. Il est préférable de l'employer à l'état gazeux, soit en le produisant soi-même suivant des méthodes industrielles pratiques, soit en l'achetant dans des bombes en acier où il est comprimé sous 10-12 centimètres et qu'il est facile de se procurer dans le commerce.

L'acide sulfureux est ajouté directement au lait de fécule. Pour l'introduire à l'état gazeux, on se sert d'une pompe de compression ou encore d'un souffleur en plomb. Quand on l'emploie à l'état de solution, on le verse directement dans la cuve. Les quantités à employer sont également très variables suivant l'état de coloration des fécules et les causes de cette coloration. D'ailleurs, on ne doit pas craindre d'en mettre plus qu'il ne faut, cet acide étant très instable ne laissant pas de traces bien sensibles dans les fécules. Il est nécessaire de brasser énergiquement la masse laiteuse pendant qu'on y ajoute l'acide.

On a également essayé l'emploi du permanganate de potasse et de différents autres corps ; mais ces matières ne fournissent que des résultats médiocres tout en coûtant très cher.

Le traitement que nous venons d'indiquer s'applique aux fécules secondes. Les troisièmes seront traitées de même, mais avec des proportions plus fortes.

Ces derniers produits sont difficiles à sécher à l'étuve automatique, surtout s'ils n'ont pas été traités par l'acide, les matières grasses liquides étant d'une évaporation plus difficile.

Une condition importante à observer pour l'emploi de ces produits chimiques est de peindre tous les récipients en tôle à plusieurs couches de minium ou de céruse, d'avoir des toiles ou tamis exempts de composition de zinc, mais faites d'étain et de cuivre purs.

Près des bassins de dépôts, qui sont toujours situés hors de l'usine, il est nécessaire d'avoir une cuve en maçonnerie munie d'un agitateur, une conduite d'eau et une pompe qui admettra les produits dans l'usine directement au tamis épurateur. Les fosses contenant ces produits doivent toujours être recouvertes d'eau pure qu'on a soin de renouveler de temps en temps pour éviter que la fermentation ne s'y établisse, ce qui ne manquerait pas de se produire si l'on était obligé de les traiter à une époque avancée de l'année. Pour obvier à cet inconvénient, il est préférable de ne pas faire d'interruptions entre la fabrication du premier produit et de celle des sous-produits.

Mais, le mieux est encore de faire le moins possible de bas produits, et cela pour plusieurs raisons : 1° Le traitement de ces produits a pour effet de prolonger la durée de fabrication et d'augmenter les frais généraux ; 2° les bas produits ont une valeur bien inférieure à ceux de première fabrication ; 3° la manutention de ces matières entraine une dépense de main-d'œuvre et de force motrice, et enfin, les fermentations entraînent toujours des désagréments.

Plans de dépots supplémentaires

Nous avons vu que l'eau féculente qui sort des plans de premier dépôt est encore plus ou moins chargée de fécule légère qu'on ne peut récupérer qu'autant que l'on fasse subir à cette eau féculente un assez long parcours, variable suivant la qualité de la matière première, la nature de l'eau employée et aussi selon le mode d'opération du premier travail. Quoi qu'il en soit, la superficie totale des plans supplémentaires ne doit pas être inférieure à trois fois celle des plans de premier dépôt. La superficie du plan de premier dépôt pour un râpage

de 3000 kilogrammes à l'heure doit être de 90 mètres effectifs et celle des plans de dépôts supplémentaires doit être de 300 à 400 mètres. La profondeur de ces plans variera entre $0^m,50$ à 1 mètre, c'est-à-dire qu'ils auront une contenance suffisante pour recevoir la totalité des fécules secondes et troisièmes. On estime que la fécule verte a une densité représentant 700 kilogrammes de fécule sèche par mètre cube pour les fécules premières et 500 kilogrammes pour les deuxièmes.

Ces plans de dépôt seront établis en plusieurs compartiments longitudinaux, trois au moins, avec une coulotte latérale en amont et en aval pour isoler ou desservir l'un ou l'autre de ces compartiments. Au milieu de ceux-ci on ménagera une fosse d'environ $1^m,50$ carré, ayant le fond un peu en contre-bas de celui des plans supplémentaires. Cette fosse sera munie d'un agitateur mécanique et d'une pompe qui serviront à délayer les produits provenant de la levée des plans supplémentaires pour être véhiculés par la pompe aux tamis extracteurs ; elle sera munie, entre autres, d'une alimentation d'eau servant à laver et à délayer les fécules deuxièmes.

Aucune cloison transversale ne sera mise dans ces plans supplémentaires ; le parcours sur plafond sera donc ininterrompu depuis l'entrée jusqu'à la sortie ; néanmoins, on installera un déporteur mobile à l'extrémité de chaque compartiment pour pouvoir les isoler, ainsi qu'il a été dit plus haut.

On peut, à l'arrivée sur les plans supplémentaires, ajouter à l'eau féculente de l'eau additionnée d'acide sulfurique, ce qui activera le dépôt de la fécule. Mais, dans la phase suivante du travail on supprimera l'acide.

CHAPITRE VI

LES RÉSIDUS DE LA FÉCULERIE

Les résidus laissés par la fabrication de la fécule sont la pulpe, fine des débris de cellules et les eaux de lavage. Nous avons déjà donné plus haut la composition de la pulpe ; nous ne parlerons donc ici que de son emploi à la ferme.

La pulpe. — Son emploi pour l'alimentation du bétail

L'emploi le plus judicieux que l'on puisse faire de cette pulpe c'est de la faire entrer dans l'alimentation du bétail ; toutes les tentatives qu'on a faites pour l'utiliser d'une façon plus rémunératrice ont échoué. La pulpe, comme on l'a montré plus haut, consiste principalement en un mélange de cellulose, de fécule et de très petites quantités de matières albuminoïdes ; elle a, par conséquent, la même valeur nutritive que la pulpe pressée de diffusion des fabriques de sucre. Elle forme donc un complément précieux pour la nourriture du bétail à l'engrais et des vaches laitières, à la condition d'être associée à une quantité correspondante d'albumine, qu'on donne aux bestiaux sous la forme de tourteaux de colza ou autres produits similaires.

La quantité de pulpe produite peut être évaluée à un tiers

environ de la quantité de pommes de terre passées à la râpe ; elle contient 70 à 75 0/0 d'eau et 15 à 17 0/0 de matière sèche. La pulpe, au sortir du tamis, c'est-à-dire après qu'on en a extrait la fécule, est envoyée au dehors au moyen d'une pompe qui la refoule dans plusieurs fosses ayant les dimensions nécessaires à l'importance de l'usine, c'est-à-dire pour loger toute la quantité. On peut prendre pour base 1 mètre cube par 30.000 kilogrammes de pommes de terre.

Ces fosses sont au nombre d'au moins trois, de façon à ce que la pulpe puisse s'égoutter : on aura donc une fosse en charge, une à l'égouttage et une à la décharge. Ces fosses seront établies en maçonnerie, à fond incliné dans le sens de la longueur en même temps que dans les deux sens de la largeur, c'est-à-dire en creux par l'axe longitudinal.

Sur ce fond incliné on posera : 1° des chevrons mobiles, de place en place ; sur ces chevrons des planches également mobiles, sur lesquels on dispose un lit de paille de façon à ne laisser aucun interstice accessible à la pulpe. De cette manière on aura un égouttage aussi parfait que possible. Ces fosses étant couvertes, la pulpe, après y avoir séjourné un mois, ne contiendra plus que 65 à 70 0/0 d'eau, c'est-à-dire qu'elle aura presque la même teneur en eau que celle traitée par les presses continues.

Si l'on ne voulait pas faire cette dépense, on pourrait, si le terrain est perméable, établir des fosses simplement creusées dans le sol sans les couvrir. Si le terrain n'est pas perméable, on aura soin de poser sur le sol des chevrons et planchers volants avec des drains pour l'écoulement des eaux.

La pulpe déposée dans ces fosses, étant exposée aux intempéries, contiendra une plus grande proportion d'eau que celle des fosses couvertes.

Au sortir des appareils, la pulpe de pommes de terre contient trop d'eau et constitue un aliment froid ; en outre, l'eau de végétation qu'elle contient est décomposée par la fermenta-

tion. La plupart des animaux de la ferme sont réfractaires aux produits résultant de la fermentation ; les espèces bovines et porcines ne sont nullement incommodées par l'ingestion de rations journalières même très élevées.

Le mouton seul ne supporte pas la pulpe telle quelle. L'ingestion de quantités de pulpe parfois très faibles peut entraîner chez lui des accidents graves.

Voici les précautions recommandées pour éviter ces accidents. La pulpe de pommes de terre doit être ensilée pendant quelques jours avant sa consommation, c'est-à-dire disposée par couches successives, séparées par une couche de fourrage haché, tourteaux, cossettes de betterave, etc. La fermentation ne tarde pas à s'établir dans toute la masse : on mélange alors vigoureusement la matière à la fourche de manière à obtenir une masse bien homogène. Donnée en cet état, la pulpe ne produit aucun accident chez le mouton.

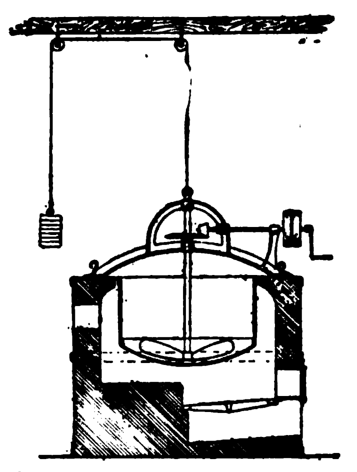


Fig. 73. — Cuiseur à pulpe à feu nu.
A. Foyer.
B. Chaudière à cuire.
C. Mouvement d'agitateur.
D. Goupilles d'ajustement.
E. Poids équilibrant le mouvement.

S'il est possible de faire consommer la pulpe à froid, c'est-à-dire telle qu'elle sort de la féculerie, il est toujours préférable de faire cuire préalablement la ration ; la pulpe cuite peut être distribuée directement à la bergerie sans aucun inconvénient.

La cuisson est d'ailleurs une opération simple et facile qui, lorsqu'elle est faite à feu nu, n'exige qu'un malaxage continuel. Les féculiers qui disposent d'une machine à vapeur peuvent, avec une installation simple et peu coûteuse, cuire

leur pulpe par un courant de vapeur agissant par barbotage.

Les fig. 73, 74 et 75 ci-dessous représentent des appareils à cuire la pulpe.

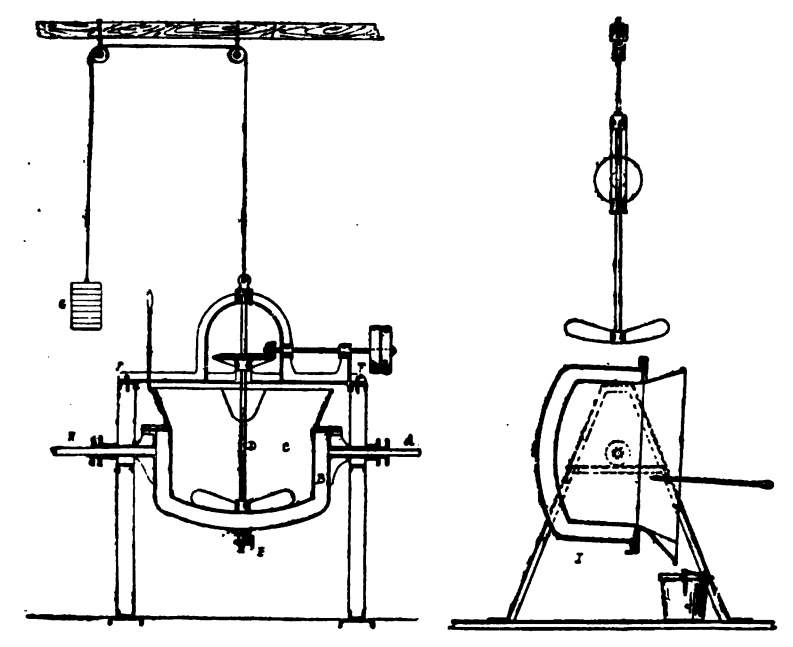


Fig. 74 et 75. — Cuiseurs à pulpe à vapeur. Constr. Thomas.

A. Arrivée de vapeur ; B. Chambre de vapeur ; C. Récipient contenant la matière à cuire ; D. Mouvement d'agitateur ; E. Vidange, purge ; F. Goupilles d'ajustement ; G. Contre poids équilibrant D ; H. Sortie de vapeur ; I. Chantier en vidange, mouvement d'agitateur relevé.

Si l'on n'a pas la vapeur à sa disposition, on se servira de l'appareil A muni d'un agitateur pouvant être enlevé au moyen d'une chaîne et d'un contrepoids, ce qui permet d'évacuer aisément la matière au moyen d'une pelle. Cette marmite est généralement faite en tôle et chauffée à feu nu par le bois. On a soin de faire fonctionner l'agitateur pendant la durée de la cuisson pour empêcher la pulpe de s'attacher et de

brûler. Inutile de faire observer qu'on n'ajoute pas d'eau pour la cuisson.

Si l'on peut faire la cuisson par la vapeur, l'opération se fait sans surveillance. Comme le montre la figure B, l'agitateur est actionné par une courroie pendant que la vapeur arrive en A pour pénétrer dans le réservoir B et sortir par le tuyau d'évacuation H. Quand la cuisson est à point, on ferme l'arrivée de la vapeur, on ouvre la purge E, puis on fait basculer la marmite pour vider l'appareil, ainsi que le représente la figure C. Ces bassines se construisent de toutes contenances, depuis 1/2 hectolitre ; la durée de la cuisson varie suivant la nature du mélange et sa teneur en eau.

On peut aussi faire cuire la pulpe dans des cuiseurs à double enveloppe ou dans un cuiseur Henze. Dans certaines fermes, surtout en Allemagne, on envoie la pulpe dans une cuve munie d'un agitateur pour la mélanger avec des drèches de brasserie, des lupins, etc. ; de là, on la charge dans un cuiseur Henze, on la fait cuire à une pression de 3 atmosphères pendant 3/4 d'heure, puis on la laisse refroidir.

Valeur alimentaire de la pulpe

Nous avons dit plus haut que le mode d'utilisation le plus général et le plus ancien consiste à la faire entrer dans la ration alimentaire du bétail. Il n'est pas inutile d'entrer dans quelques détails à ce sujet.

La composition moyenne de la pulpe est la suivante :

	Mœrcker	J. Kœnig	E. Wolff
Eau	86,0	86,0	86,0
Cendres	0,4	0,4	0,4
Fibres	1,8	1,4	1,0
Matières grasses (extr. par l'éther)	0,1	0,1	0,1
Protéine	0,7	0,9	0,8
Matières extractives non azotées (fécule, etc.)	11,0	11,2	11,7
	100,0	100,0	100,0

La proportion des substances alimentaires (protéine : [matière grasse × 2,44 + matières extractives non azotées]) est en moyenne de 1 : 14,6, par conséquent peu élevée ; elle résulte de la faible teneur de protéine, qui ne représente que 5,3 à 6,4 % de la pulpe sèche. Il s'ensuit qu'il faut ajouter à la pulpe une certaine quantité d'aliments riches de manière à porter la proportion de la ration à 1 : 4 — 1 : 7.

E. Wolff admet que toutes les matières organiques de la pulpe, par conséquent aussi la cellulose, sont digestibles. L'expérience semble confirmer cette hypothèse.

La valeur nutritive de la pulpe fournie par 100 kilogrammes de pommes de terre s'établit donc comme suit :

100 kilogrammes de pommes de terre donnent 75 kilogrammes de pulpe à 6 0/0 de substance sèche, soit 4,5 kilogrammes de pulpe sèche.

D'après sa composition moyenne la pulpe contient :

Protéine	5,3 %	soit par 4,5 kg. de pulpe,				0 kg,24
Cellulose	0,7 »	»	»	»		0 ,03
Matières extractives non azotées.	78,0 »	} »	»	»		4 ,11
Cellulose digestible	13,3 »					

Or, théoriquement

1 kilogramme de protéine	vaut	41	centimes
1 kilogramme de matière grasse	»	27	»
1 kilogramme d'hydrates de carbone	»	14	»

On a donc par 100 kilogrammes de pulpe verte ou 4,5 kilogrammes de pulpe anhydre : protéine 9,90 + matière grasse 0,82 + hydrates de carbone 56,50 = 67 centimes 22.

E. Wolff calcule de la même manière la valeur de 100 kilogrammes de pulpe à 14 0/0 de substance sèche, qui est de 2 francs.

Mais, le féculier qui est obligé de vendre sa pulpe atteint rarement le prix théorique.

Bernhard Schulze indique les proportions de pulpe à faire entrer dans les rations du bétail :

I. — Ration journalière pour vaches laitière par 500 kilogr. de poids vivant

1°	Pulpe de pommes de terre	25 kg.
	Foin de prairie	4 kg.
	Paille et balles de froment	3 kg. 750
	Tourteaux de graines de coton	1 kg.
	Tourteaux de noix de palme	0 kg. 500
	Poudre de viande	0 kg. 250
	Tourteaux d'arachide	0 kg. 250
	Sel de cuisine	20 à 50 gr.
2°	Pulpe de pommes de terre	15 kg.
	Foin de prairie	2 kg. 500
	Paille et balles de froment	5 kg.
	Tourteaux d'arachide	1 kg.
	Tourteaux de palme	1 kg.
	Tourteaux de colza	1 kg.
	Sel de cuisine	20 à 50 gr.
3°	Pulpe de pommes de terre	25 kg.
	Foin de prairie	2 kg. 500
	Paille de légumineuses	3 kg.
	Paille de céréales d'hiver et balles	3 kg. 750
	Tourteaux d'arachide	1 kg.
	Balles de froment	1 kg.
	Poudre de viande	0 kg. 250
	Sel de cuisine	20 à 50 gr.

II. — Ration journalière pour bœufs de trait par 500 kg. de poids vivant

1° Bœufs au travail :

Pulpe de pommes de terre	15 kg.
Foin de prairie	3 kg.

Paille et balles	6 kg.
Farine de graine de coton	1 kg.
Seigle concassé	1 kg.
Poudre de viande	250 gr.
Sel de cuisine	30 à 40 gr.

2° *Bœufs au repos complet :*

a) Pulpe de pommes de terre	15 kg.
Foin de prairie	2 kg. 500
Paille de céréale d'hiver	5 kg.
Balles de froment	1 kg.
Sel de cuisine	30 à 40 gr.
b) Pulpe de pommes de terre	12 kg. 500
Foin de prairie	1 kg. 250
Balles de froment	5 kg.
Paille de céréales d'hiver	6 kg.
Farine de graine de coton	250 gr.
Sel de cuisine	30 à 40 gr.

III.— Ration journalière pour bétail a l'engrais par 500 kg. de poids vivant, à donner pendant toute la durée de l'engraissement, sous forme de bouillie chaude assaisonnée de 50 à 80 grammes de sel.

1° Pulpe de pommes de terre	25 kg.
Foin de prairie	4 kg. 500
Lait écrémé	10 litres
Paille d'avoine et de blé	5 kg.
Tourteaux d'arachide	1 kg.
Tourteaux de colza	1 kg.
2° Foin et trèfle sec	5 kg.
Mélasse	2 kg. 500
Paille de froment	4 kg.
Balles de froment	2 kg. 500
Farine de graine de coton	2 kg. 250
Haricots concassés	1 kg.
3° Foin de prairie	6 kg.
Mélasse	2 kg. 500
Paille de froment	4 kg.

Balles de froment	2 kg. 500
Farine de graine de coton	2 kg. 250
Haricots concassés	1 kg.

IV. — Ration journalière pour moutons, par 500 kg. de poids vivant

1° Moutons producteurs de laine et brebis-mères :

a) Pulpe de pommes de terre	25 kg.
Foin de prairie.	4 kg.
Tiges de lupins	2 kg. 500
Tourteaux de colza	1 kg.
Sel de cuisine	5 à 8 gr.
b) Pulpe de pommes de terre	20 kg.
Tiges de lupins	6 kg.
Tiges de colza	5 kg.
Balles de blé d'hiver	2 kg. 500

2° Moutons à l'engrais :

Pulpe de pommes de terre	20 kg.
Tiges de lupins	6 kg.
Tiges de colza.	5 kg.
Tourteaux de colza	2 kg. 500
Lupins.	0 kg. 750

L'ensilage fait perdre à la pulpe une importante proportion de matière sèche. Ainsi Saare a trouvé que cette perte s'élevait à

22 0/0	au bout de	3 mois
27 0/0	»	5 »
34 0/0	»	7 »

La formation d'acide dans la pulpe est également très élevée, soit 0 kg. 335 d'acide non volatil (calculé en acide lactique) par 100 kilogrammes de pulpe à 18,1 0/0 de substance sèche, au bout de 7 mois de conservation.

Pressage de la pulpe

Les agronomes ont observé que la cause principale de la nocuité de la pulpe pour les animaux est sa teneur élevée en eau de végétation. On a donc tout intérêt à diminuer sa teneur en eau quand on veut la donner à l'état vert au bétail. On atteint ce but au moyen de la presse continue. Facultative, quoique recommandable dans les cas ordinaires, la pression de la pulpe devient indispensable quand on veut l'amener à une dessiccation presque complète. Il arrive souvent, en effet, qu'on n'a pas l'écoulement de la pulpe verte, soit que la culture y soit réfractaire, soit que celle-ci ait à sa disposition d'autres aliments, soit enfin qu'on trouve plus d'avantage à produire de la pulpe sèche. Dans tous ces cas, la presse continue est indispensable. Une petite presse à toile filtrante mobile à cylindre de 400 × 300 suffit pour presser la pulpe produite par 3.000 kilogrammes de pommes de terre à l'heure.

Pour que la presse fonctionne convenablement, il faut que la matière soit en charge de façon à atteindre une pression d'environ 1 kilogramme par centimètre carré. On y arrive en plaçant un bac à 10 mètres de hauteur ou en alimentant la presse directement par la pression d'une pompe. Les cylindres en bronze de la presse doivent avoir leurs axes montés sur ressort Belleville de façon à ce que si un corps dur étranger venait à s'introduire dans l'appareil, ils puissent s'écarter. Néanmoins, il sera toujours bon, si on agit directement par la pompe, d'intercaler dans la conduite une soupape de décharge pour qu'en cas d'arrêt subit de la presse il n'arrive pas d'accident. Il faut y placer également un regard muni d'une grille de sûreté empêchant tout corps étranger volumineux d'aller à la presse. Si l'on emploie un bac en charge, il faut le munir d'un agitateur

et prélever la matière au-dessus du fond du bac pour que les matières étrangères et lourdes restent au fond de ce bac. La pulpe évacuée de la presse ne doit pas contenir plus de 60 à 65 0/0 d'eau ; l'eau qui s'en écoule devra passer dans un petit tamis destiné à retenir les pulpes folles que l'on fait repasser à la presse. Quant à l'eau, on la fait passer sur les derniers plans supplémentaires pour lui faire abandonner la faible quantité de fécule qu'elle contient.

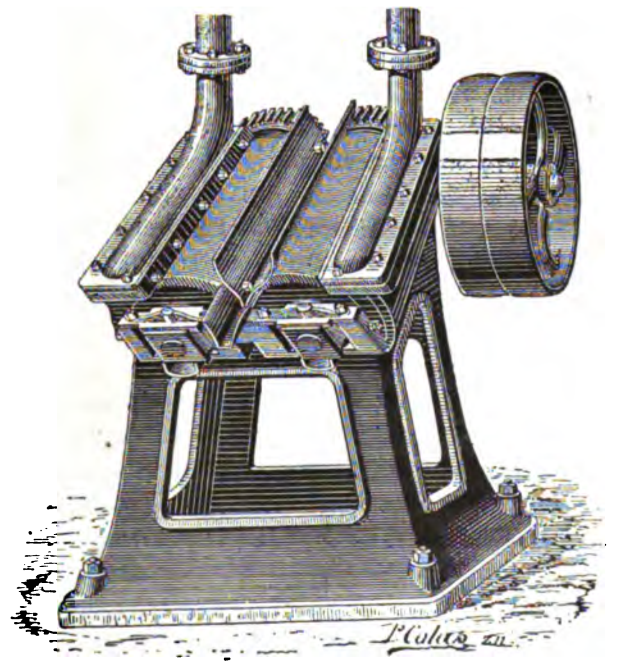


Fig. 76. — Presse continue, construction Paul Barbier, Paris.

AUTRES PRESSES A PULPE

Les presses à pulpe employées en Allemagne sont celles de Schmidt à Custrin et celles de Büttner et Meyer. Celle de

Schmidt se compose d'un tuyau vertical en forte tôle, de 1 mètre de haut sur 26 centimètres de diamètre, perforée à l'instar du tambour d'une turbine centrifuge. La paroi intérieure de ce tuyau est garnie de tôle de laiton perforé, tel qu'on l'emploie pour les tamis de féculerie. Dans l'axe du tuyau se trouve un arbre vertical, mû par engrenage et faisant environ 50 tours à la minute ; il est muni de petites palettes placées en forme d'hélice. La pulpe qu'on charge dans la trémie placée au bas de l'appareil, est saisie par l'hélice qui l'élève dans le tuyau et l'expulse par le haut. A cet effet, la tête du tuyau est munie d'une ouverture à charnière qu'on tient fermée au moyen d'un contrepoids. Cette disposition permet de retenir la pulpe dans le cylindre et de la comprimer suffisamment pour en extraire une grande partie de son eau qui s'échappe à travers la paroi perforée.

Cette presse peut travailler 1.000 kilogrammes de pulpe en 48 minutes ; elle exige une force de 1,6 *chx*. Elle permet, d'après Saare, d'obtenir de la pulpe à 28-23 0/0 de substance sèche.

La presse de Büttner et Meyer se compose de deux cylindres à marche parallèle, creux et entourés chacun d'une double enveloppe non hermétique et garnis de tôle finement perforée. Ils ont une longueur de 77 centimètres et un diamètre de 44 centimètres. Ils sont surmontés d'une sorte de cheminée en tôle dans l'ouverture inférieure à 12 centimètres de côté.

La pulpe, venant d'un bac en charge se rend dans un caniveau ménagé sous les cylindres avec lesquels il fait joint étanche au moyen d'une garniture en cuir.

Grâce à la pression résultant de la chute, la pulpe est comprimée dans le caniveau contre les bords des cylindres qui la saisissent, l'entraînent et la refoulent ensuite dans la cheminée. Dans la partie supérieure de celle-ci un transporteur à hélice entraîne la pulpe au fur et à mesure que la presse la lui en-

voie. L'eau exprimée de la pulpe pénètre dans l'intérieur des cylindres, d'où elle s'écoule au-dehors.

Mais, pour que la marche de la pression soit satisfaisante, il est nécessaire d'ajouter à la pulpe une certaine quantité de lait de chaux (environ 1,5 à 2 kilogrammes de chaux par 1.000 litres de pulpe), ce qui la colore en jaune. C'est pourquoi on installe au-dessous de la presse un ou mieux deux bacs de 4.000 litres de capacité, dans lesquels on ajoute le lait de chaux à la pulpe au fur et à mesure qu'elle arrive des tamis.

D'après Saare, ces presses permettent d'obtenir de la pulpe à 25-27 0/0 de substance sèche en partant d'une pulpe n'en contenant que 4 0/0.

Le chaulage de la pulpe ne présente d'ailleurs aucun inconvénient pour la santé du bétail. La quantité de chaux libre (CaO) dans la pulpe pressée ne dépasse pas 0,01 à 0,06 0/0. Sans addition de chaux, on ne pourrait obtenir de la pulpe à plus de 15-16 0/0 de substance sèche. Il s'ensuit que sans le chaulage, la presse Büttner donnerait un rendement plus faible que la presse de Schmidt décrite plus haut. C'est pourquoi, les féculiers qui se contentent de presser la pulpe et qui ne veulent pas la dessécher auront plus d'intérêt à se procurer la presse de Schmidt, d'autant plus qu'elle est meilleur marché et qu'elle fonctionne automatiquement, tandis que la presse Büttner exige la présence constante d'un ouvrier. Ajoutons à cela que le chaulage entraîne également certains frais.

DESSICCATION DE LA PULPE DE POMMES DE TERRE

Divers procédés mécaniques pour sécher la pulpe ont été employés jusqu'alors, mais ils n'ont pas donné complète satisfaction aux industriels. On est donc obligé, pour sécher la pulpe, de revenir à l'appareil employé jusqu'à ce jour, nous voulons

parler de la touraille que tout le monde connaît et qui est employée surtout en brasserie pour la torréfaction du malt.

Le commerce, d'ailleurs, donne la préférence aux pulpes desséchées par la touraille ordinaire. La matière traitée de la sorte prend une teinte et une odeur caractéristiques de pain grillé, très recherchées ; en outre, elle est très friable et se prête mieux aux manipulations qu'on lui fait subir après la dessiccation.

Voici le mode de procéder avec la touraille : la pulpe, en sortant de la presse continue, est élevée à la partie supérieure de la touraille par un élévateur P qui les déverse dans une hélice J munie de trappes de place en place, par lesquelles elle se répand sur le plateau supérieur H de la touraille et en divers endroits.

Ce plateau supérieur doit avoir une surperficie double de celle du plateau inférieur E ; la raison en est que l'air chaud avant d'y arriver, a déjà perdu une partie de son effet calorifique, et ne produira tout son effet utile sur le plateau supérieur qu'autant que la couche de matière soit moins épaisse. Le plateau supérieur a pour effet de préparer la pulpe au plateau inférieur ; celui-ci, étant directement en contact avec le foyer, achèvera rapidement la dessiccation. Lorsque la pulpe est arrivée au degré de siccité voulu, la matière est pelletée dans la trappe F pour être ensachée directement en D, ou conduite en vrac dans des magasins attenants au bâtiment de la touraille.

Avant d'élever la matière sur le plateau inférieur, on aura soin d'aérer la touraille en ouvrant toutes les ouvertures de façon à ce que les ouvriers ne soient pas incommodés par la trop forte chaleur, ni par les émanations délétères provenant du coke. Aussitôt que ce plateau est débarrassé, on déversera la matière du plateau supérieur par la trappe I pour garnir le plateau inférieur, et ainsi de suite.

La durée du séchage, y compris la mise successive sur les

deux plateaux, et la décharge, est de 10 heures, soit deux charges par 24 heures. Chaque mètre carré de surface de toile de touraille séchera 50 kilogrammes de matière, en comptant les surfaces des deux plateaux.

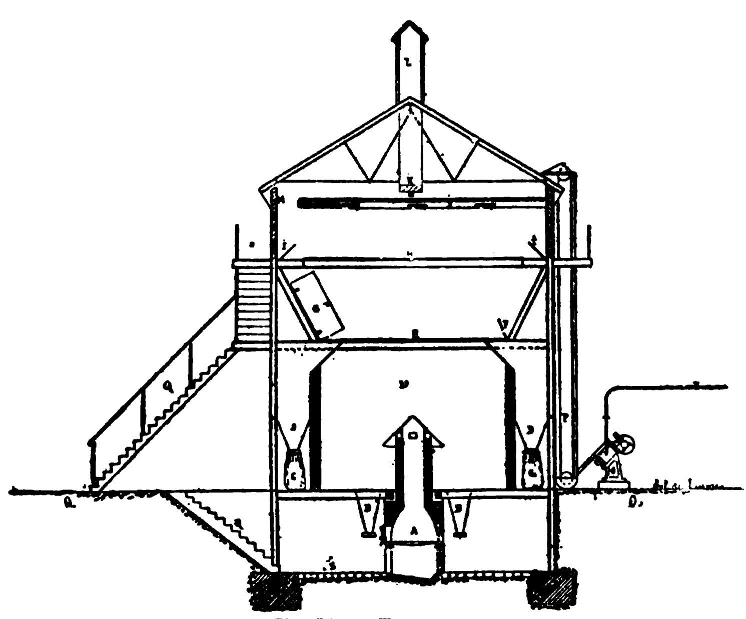


Fig. 77. — Touraille.

A. Foyer de la Touraille ; B. Trémies recevant les petits sons ; C. Sacs recevant les sons touraillés ; D. Trémies d'attente ; E. Plateau de la touraille ; F. Trappe de vidange ; G. Ports ; H. Plateau de la touraille ; I. Trappe de vidange du 1er plateau ; J. Hélice amenant les sons ; K. Ventilateur enlevant les buées ; L. Canal de refroidissement des buées ; M. Jalousies, N. Chemin de ronde ; O. Presse continue ; P. Elévateur à godets ; Q. Escalier allant au premier plateau ; R. Escalier allant au foyer ; S. Sol de la Touraille.

La dépense de combustible sera de 30 à 40 kilogrammes de coke par 100 kilogrammes de pulpes sèches, 100 kilogrammes de pommes de terre donnent 15 à 18 kilogrammes de pulpes pressées et 5 à 6 kilogrammes de pulpes touraillées.

On installera un foyer par 25 mètres superficiels du plateau inférieur, chaque foyer ayant 1 mètre superficiel de grille.

On peut aussi employer le foyer Michel Perret ; mais, le feu y étant moins vif, la durée du touraillage sera plus longue. En outre, les poussières de coke ou d'anthracite, etc., ne sont généralement pas à la portée facile de toutes les usines.

Pour éviter les risques d'incendie et la majoration des taxes d'assurance, le bâtiment de la touraille devra former pavillon et être en dehors de l'usine ; on ne devra employer dans sa construction que du fer de la maçonnerie ; sur les quatre faces on aménagera des jalousies en fer pouvant se fermer et s'ouvrir suivant les besoins.

Les fers à plancher seront espacés d'environ $0^m,75$; au-dessus de ces fers on placera de petits rails distants de 0^m, 37, et encore au-dessus des fers ronds de 18 à 20 millimètres de diamètre, espacés de $0^m,20$, et enfin une toile métallique formant chaque plateau et dont les mailles auront environ 3 millimètres en tous sens.

Les pulpes ainsi traitées iront soit à la distillerie et serviront à la fabrication de l'alcool, ou bien elles serviront comme agglomérants (cartonnerie, etc.) ou entreront dans les apprêts communs.

Certains industriels passent ces pulpes à la meule de moulin, puis à la bluterie, ce qui augmente leur valeur commerciale : elles sont employées alors pour le fleurage du pain et dans divers apprêts.

Plusieurs féculeries d'Allemagne ont installé des appareils de dessiccation de la pulpe. Les appareils employés sont ceux de Büttner-Meyer et de Venuleth. Nous allons en donner une courte description.

Appareil da Büttner et Meyer. — Le principe du procédé consiste à exposer la matière à un courant d'air chaud et à la maintenir en mouvement au moyen d'un système de pelletage mécanique continuel destiné à renouveler les surfaces. Le

courant d'air chaud entraîne la matière séchée et devenue légère, tandis que la matière humide, plus lourde est retenue dans l'appareil jusqu'à parfaite dessiccation.

L'espace réservé au séchage proprement dit se trouve dans le centre de l'ensemble des appareils et se compose de trois chambres superposées, en maçonnerie. Dans chacune d'elles se trouvent des auges en pierre dans lesquelles se meuvent des agiteurs à palettes agencées par paires de telle façon qu'elles rejettent l'une contre l'autre la matière soumise au séchage. Les arbres sur lesquels sont montées ces palettes, dont le but est de renouveler les surfaces, portent encore une autre série de palettes disposées en hélice qui charrient la matière dans le sens opposé à la direction de l'air chaud et l'empêchent ainsi de quitter l'appareil trop tôt.

La matière, amenée par un élévateur, tombe dans la chambre supérieure, la parcourt dans toute sa longueur, puis elle tombe dans la chambre située au-dessous, qu'elle traverse de même et de là elle se rend dans la chambre inférieure.

L'air chaud est produit dans un four spécial chauffé au charbon. En réglant l'arrivée de l'air frais on règle la température des gaz de la combustion de telle sorte qu'ils arrivent dans la chambre de dessiccation à une température de 500-700° C. Pour qu'ils la parcourent en descendant dans le sens des flèches, ils sont aspirés par un ventilateur au bas de l'appareil, où un pyromètre permet de contrôler leur température à la sortie. Ils ne doivent pas dépasser 500°, sinon la pulpe prendrait une couleur trop foncée. La vaporisation produite par l'air chaud est tellement intense que, malgré la température élevée des gaz, la pulpe atteint à peine 100°. De la chambre inférieure la pulpe tombe dans un transporteur qui la dirige à l'endroit voulu. Les parties fines de la pulpe entraînées sous forme de poussière sont retenues par un appareil spécial que l'air chaud traverse avant de s'échapper par le toit.

Dans une féculerie mettant en œuvre 250.000 kilogrammes

de pommes de terre par 24 heures, les appareils de séchage d'après le procédé Büttner et Meyer occupent un emplacement de 17 mètres de long sur 10 mètres de large et 8 mètres de haut. La pulpe venant des tamis est pompée dans deux bacs de 5.000 litres de capacité, dans lesquels elle est mélangée avec du lait de chaux d'une densité de 3,5° B. Elle est ensuite pressée dans la presse Büttner déjà décrite, puis elle est élevée dans l'appareil de séchage. Celui-ci comprend trois chambres à deux auges. L'appareil est chauffé à l'anthracite, qui est plus avantageux que la houille. La pulpe séchée est envoyée dans un magasin où elle est refroidie, pelletée et ensachée.

L'installation, desservie par une machine de 30 chevaux, exige le concours de 3 ouvriers ; le pelletage et l'ensachage de la pulpe en exigent deux autres.

La pulpe venant des tamis contient	4 0/0	de substance	sèche.
La pulpe sortant de la presse à cylindres contient . .	30-34 0/0	»	»
La pulpe séchée contient. .	90 0/0	»	»

D'après des indications fournies par Büttner et Meyer, les frais de dessiccation de la pulpe (salaires et combustible) varient de 1 fr. 50 à 1 fr. 62 par 100 kilogrammes de pulpe sèche ; 100 kilogrammes de pulple verte fournissent environ 4 kilogrammes de pulpe sèche. En y ajoutant les intérêts et l'amortissement du capital d'installation, les frais de force motrice, on arrive à un total de 2 fr. 50 à 3 fr. 75 par 100 kilogrammes de pulpe sèche, non logée.

Appareil Venuleth et Ellenberger. — Signalons encore un essai de dessiccation au moyen de l'appareil Venuleth et Ellenberger. Cet appareil se compose de deux cylindres chauffés par la vapeur et tournant en sens opposé, d'une série d'auges à double enveloppe également chauffées et munies d'un

élément de transport, et dans lesquelles la pulpe est entièrement séchée.

Dans cet essai on n'a pu employer que des pulpes ensilées à 18 0/0 de substance sèche ; la pulpe sèche contenait 93,8 0/0 de substance sèche ou 6,2 0/0 d'eau (1).

Comme la presse de Schmidt permet d'amener la pulpe à 20 0/0 de substance sèche, on arrive à d'excellents résultats par la combinaison des deux appareils. L'appareil Venuleth est chauffé par la vapeur. Mais, comme nous l'avons déjà fait observer, ces appareils sont trop coûteux pour de petites installations et ne peuvent être installés utilement que par les usines importantes.

COMPOSITION ET VALEUR ALIMENTAIRE DES PULPES SÈCHES

D'après les analyses des stations d'essais agricoles de Posen, Halle-sur-S. et Bonn, la pulpe desséchée à la composition suivante :

	I	II	III
Eau	7,1 0/0	14,60 0/0	13,05 0/0
Protéine	3,8 »	4,38 »	4,45 »
Matière grasse	0,2 »	0,20 »	0,55 »
Hydrates de carbone	69,8 »	69,57 »	59,31 »
dont fécule			56, 2 »
Fibres	12,2 »	8,00 »	14,84 »
Cendres	7,1 »	3,25 »	7,80 »

Si, au moyen de ces données, on calcule la valeur alimentaire de la drèche sèche, en multipliant la protéine par 3, la matière grasse par 2 et la cellulose par 0,5 et ajoutant à ces trois résultats la valeur des hydrates de carbone, on obtient les chiffres suivants :

	I	II	III
Protéine	10,8	13,14	13,35
Matière grasse	0,4	0,40	1,10
Hydrates de carbone	69,8	69,57	59,31
Cellulose brute	6,1	4,00	7,42
	87,1	87,11	81,18

(1) *Zeitschr. f Spiritusind.*, 1894, p. 141.

Le son de seigle, dont la composition est analogue, contient :

Protéine	14,9 × 3 =	44,7
Matière grasse.	2,9 × 2 =	5,8
Hydrates de carbone. . . .	57,8 × 1 =	57,8
Unités. . . .		= 108,3

Or, si le cours du son de seigle est de 10 francs les 100 kilogrammes, la valeur de la pulpe sèche sera :

$$\frac{10 \times 87,1}{108,3} = 8 \text{ fr. } 05.$$

Voici quelques indications sur l'emploi de la pulpe sèche dans l'alimentation du bétail, d'après un rapport de Wever (1) :

1. *Essais sur les chevaux et le bétail.* — Les chevaux, étant au repos, reçurent 2kg 500 de pulpe sèche et 1 kilogramme de vesces concassées; pendant la période de labours de printemps, 3kg 500 de pulpe sèche et 2kg 500 de vesces concassées. Les chevaux mangeaient volontiers ces aliments et s'en trouvaient bien, car ils ont fourni sans peine la somme de travail qu'on leur demandait pour les travaux printaniers. La pulpe était mélangée avec les vesces et de la paille hachée, le tout légèrement arrosé, et donné à un état plutôt sec ; les vaches reçurent 1 kilogramme de pulpe mélangée avec des aliments cuits et des betteraves, le tout étant légèrement arrosé 24 heures d'avance et laissé en tas jusqu'à échauffement. La production laitière en a été visiblement augmentée. La pulpe jointe à une faible dose de tourteaux fut reconnue excellente pour la production laitière.

2° *Dans une seconde série d'essais* : la pulpe sèche fut d'un excellent effet sur tout le bétail, donnée soit à l'état sec, soit

(1) *Zeitschr. f Spiritusund.*, 1892. *Ergänzungsheft*, p. 19.

mélangée avec de la drèche humide. Les vaches, soit dans la période de gestation, soit dans celle de l'allaitement, en recevaient jusqu'à 10 kilogrammes et la prenaient volontiers. Des taureaux à l'engrais, avec une ration composée de 4 kilogrammes de trèfle sec, 2kg 500 d'aliments cuits, 24 litres de drèche liquide, 2 kilogrammes de farine de graines de coton et 3 kilogrammes de pulpe sèche par tête et par jour, augmentèrent de 830 grammes par jour. En donnant aux vaches laitières des tourteaux, on put remplacer les balles de froment par la drèche sèche sans diminuer la production laitière. De petites portions données aux chevaux, aux moutons et au jeune bétail furent prises volontiers.

3° *Enfin, une troisième série d'essais* fut également concluante. *a*) Les chevaux prenaient volontiers la pulpe sèche mélangée avec des graines concassées.

b) Les bœufs à l'engrais lui faisaient bon accueil quand elle était mélangée avec des drèches liquides et des tourteaux oléagineux.

c) Les vaches laitières, recevant 2 kilogrammes de pulpe sèche et 1 kilogramme de tourteaux de noix de palme, fournirent une bonne production laitière.

d) Au jeune bétail on donna un peu de pulpe sèche et de sel (3 : 1) en été, avant de l'envoyer au pâturage ; en hiver on augmenta la dose de pulpe ; sous ce régime le développement fut très satisfaisant.

e) Chez les brebis l'alimentation avec la pulpe donna des résultats tout à fait remarquables. La pulpe, donnée sèche, fut prise avec avidité. Le lait produit prit alors une couleur jaune accentuée. Les jeunes moutons prirent un développement parfait.

Delbruck nous renseigne sur un essai qu'il fit de mélanger de la mélasse avec la pulpe pour la sécher. L'auteur s'est servi d'une appareil Büttner-Meyer. La mélasse fut ajoutée dans la proportion de 1 : 4 à la pulpe venant de la presse, dans

le caniveau de transport. Comme la mélasse ne contenait que 20 0/0 d'eau et la pulpe 70 0/0, le mélange des deux matières fut plus sec que la pulpe verte, vu que la mélasse absorbe de l'eau ; de sorte que le mélange final était, non gluant, mais grumeleux. Ce mélange, séché dans l'appareil précité, donna une poudre alimentaire de bonne qualité.

Utilisation industrielle de la pulpe

La pulpe peut être utilisée avec avantage dans la fabrication de la glucose, du sirop de fécule et dans la fabrication de l'alcool. Cent parties de pulpe déshydratée donneraient à cet usage le même rendement en alcool que 350 à 400 parties de pommes de terre. Mais en présence des bas prix de l'alcool, la distillation ne serait pas rémunératrice. Dans la fabrication de la glucose, la pulpe, traitée par l'acide sulfurique, présente seulement l'inconvénient de se gonfler démesurément de façon à entraver la séparation de l'eau.

Indépendamment de son utilisation en distillerie et en brasserie, la pulpe peut être employée à la fabrication de divers objets.

Ainsi, Fliessbach a pris un brevet (Brevet. all. 28.356) consistant à chauffer à 80° la pulpe légèrement acidulée et à la comprimer ensuite dans des matrices chauffées pour en faire des boutons, des broches, des assiettes, etc.

Günther ensilait la pulpe additionnée de chlorure de chaux, pendant deux mois, puis il la passait au moulin, la tamisait et la coulait sur le plan de dépôt. La fécule obtenue constituait un bas produit, les fibres étaient écoulées dans des fosses, puis séchées et tamisées. La masse ainsi obtenue était appelée *celluline*. On y ajoutait un peu d'eau et on la comprimait par la pression hydraulique, à une température de 180°, pour en faire

divers objets susceptibles de recevoir les mêmes façons que le bois, l'ivoire, etc.

Mais, ces procédés n'ont guère reçu d'applications.

En dernier lieu on avait cru pouvoir employer la pulpe dans la fabrication du papier. Un procédé inventé par Fliessbach consistait à traiter la pulpe, additionnée d'alun pour en précipiter les matières albuminoïdes, dans un cuiseur, pendant 2 heures 1/2 à une température de 90-95° C, à la travailler ensuite pendant une heure dans un malaxeur en y ajoutant de la fibre de bois, de la colophane et de la soude, puis à refroidir la masse et finalement à en faire du papier et du carton de la manière usitée.

Bien que le papier ainsi obtenu fût en tout comparable au papier fabriqué avec les autres matières premières, le procédé ne fut pas rémunérateur et l'usine fut obligée de liquider.

Signalons encore un autre mode d'utilisation de la pulpe, vu son originalité. Une grosse féculerie industrielle ne pouvant écouler sa pulpe aux agriculteurs par suite de la grande abondance de fourrages, eut l'idée de la transformer en briquettes combustibles. A cet effet, la pulpe fut malaxée avec de l'eau et comprimée dans des moules à briquettes de tourbe, et les briquettes obtenues furent séchées à l'air. Soumises à des expériences comparatives de combustion avec des briquettes de houille, 800 kilogrammes de ces briquettes ont produit la même quantité de chaleur que 157 kilogrammes de briquettes de houille de bonne qualité. 1.000 briquettes = 1160 kilogrammes avaient coûté comme frais de fabrication 1 fr. 25, et comme on en avait fabriqué 100.000 = 116.000 kilogrammes, elles remplacèrent 22.800 kilogrammes de houille d'une valeur de 285 francs. La fabrication des briquettes avait coûté 125 francs ; elles laissèrent donc un bénéfice de 135 francs, sans compter l'économie résultant des frais de chargement et de transport dans les champs.

Les eaux de lavage retiennent les éléments solubles des sucs

aqueux des pommes de terre, notamment des quantités très appréciables d'albumine et de phosphates. Pour en séparer la majeure partie de l'albumine, on fera bien de chauffer l'eau jusqu'à ébullition ; l'albumine se coagule et peut être utilisée dès lors pour l'alimentation du bétail. Toutefois, par suite de la dilution considérable que le râpage et spécialement le lavage ont déjà fait subir à la pulpe, le chauffage est un peu onéreux.

L'eau de lavage serait sans aucun doute le plus avantageusement employée à l'irrigation des prairies naturelles, qui recevraient ainsi des quantités considérables de substances nutritives indispensables aux plantes : azote, acide phosphorique et sels de potasse. Dans beaucoup de fabriques les eaux de lavage sont simplement écoulées dans le plus proche ruisseau ou autres cours d'eau. Les éléments précieux que ces eaux tiennent en suspension ne sont pas seulement perdus, mais ils contribuent encore à dénaturer les cours d'eau, sans compter que le fabricant s'expose à des poursuites en dommages-intérêts de la part des riverains et à des mesures de police réglementant sa fabrication.

CHAPITRE VIII

QUESTIONS DIVERSES

FRAIS DE FABRICATION

Pour compléter notre travail, nous allons exposer brièvement les frais de fabrication pour 3.000 kilogrammes de pommes de terre à l'heure. La consommation de charbon peut être évaluée à 25 kilogrammes par sac de fécule sèche. Le personnel se compose comme suit par poste de 12 heures :

1° D'un chauffeur chargé du feu, des courroies et du nettoyage des tamis ;

2° De deux manœuvres pour l'alimentation de l'usine en matières premières mises à portée de l'usine ;

3° D'un manœuvre chargé de l'ensilage des pommes de terre ;

4° D'un manœuvre chargé de veiller à la râpe et aux tamis ;

5° D'un manœuvre couleur au plan du premier dépôt ;

6° D'un ouvrier couleur de plans à blanchir ;

7° De deux ouvriers turbineurs ;

8° D'un manœuvre étuveur ;

9° D'un magasinier ;

10° D'un chef de fabrication chargé d'entretenir dans les détails de métier le matériel en cours de fabrication ;

11° D'un comptable basculeur chargé aussi des marchés, de veiller aux plantations et à la qualité des produits.

Il convient de compléter cet énoncé par l'intérêt et l'amortissement du capital engagé.

Enfin, nous ferons remarquer encore que l'intérêt du fabricant est de donner une certaine importance à sa fabrication, les frais généraux étant sensiblement les mêmes pour un travail de 6 millions de kilogrammes que pour un travail de 3 millions.

Emplois de la fécule

La fécule est employée, par ordre d'importance, dans les industries suivantes :

En apprêts, pour presque toutes les étoffes, draps, dentelles, soieries, velours, etc.

En papeterie, pour tous les genres de papiers.

En cartonnerie, pour tous les genres de cartons.

En alimentation culinaire, dans certaines panifications, tapiocas, semoules, pâtisserie.

En chapellerie, pour les feutres et pailles.

En pharmacie, pour la préparation des médicaments et pâtes.

En fonderie, pour le glaçage des moules préparés pour la fusion des métaux.

En glucoserie, pour la fabrication des sirops de glucose (1).

Enfin, dans d'autres industries, telles que la fabrication du cirage, des couleurs, des produits chimiques, des gommes artificielles, leïogomes, de la dextrine, des gélatines artificielles, etc.

Les pulpes, contenant généralement 50 0/0 de fécule, sont employées dans les apprêts communs, pour les fleurages de boulangerie, pour la fabrication et de l'alcool.

(1) Voir notre ouvrage *Fabrication de la Glucose et de la Dextrine*. Paris 1906.

Pompes

Il nous reste à dire un mot des pompes. Ces appareils, quoique désignés comme organes accessoires, jouent en fécu-

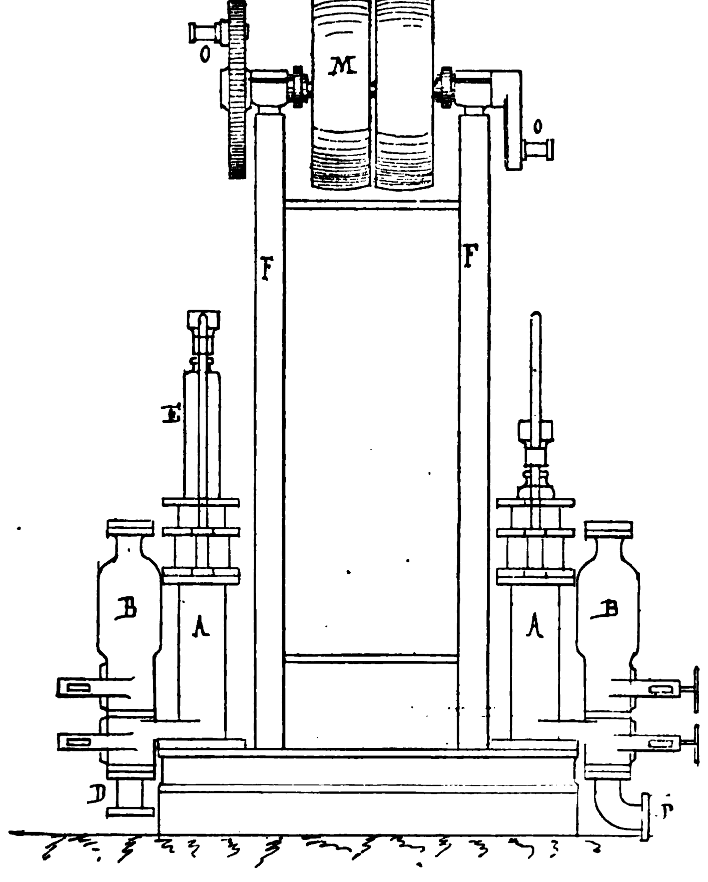


Fig. 78. — Pompes pour féculerie.

lerie un rôle très important, puisque le facteur principal en

cette industrie est l'eau mise en œuvre en grandes quantités,

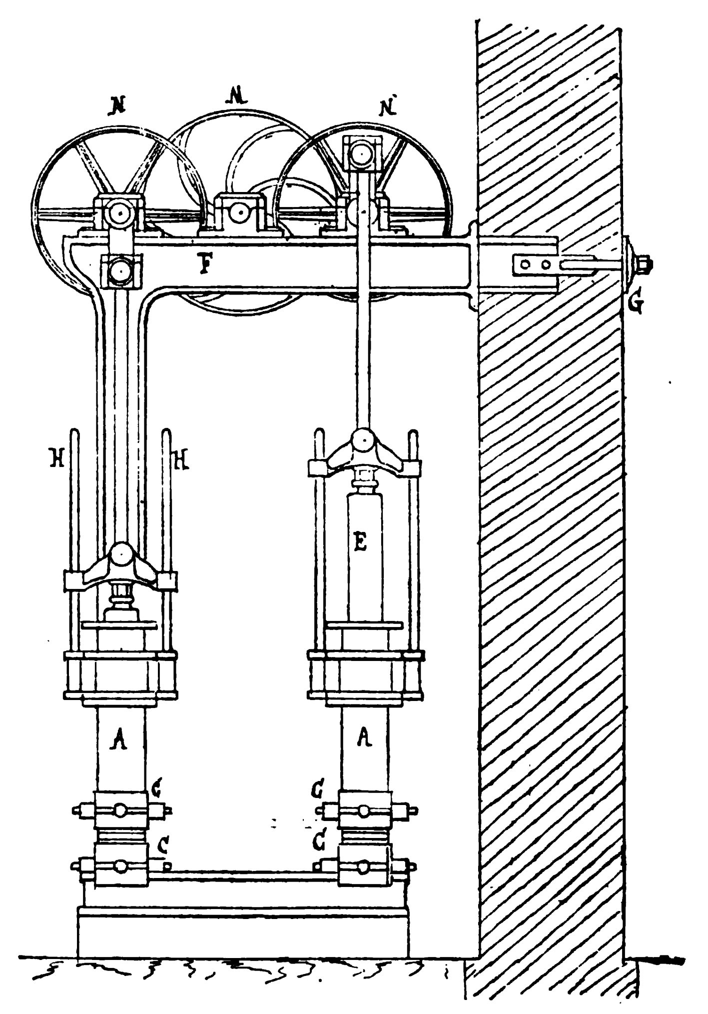


Fig. 79. — Pompes pour féculerie.

soit pour laver les pommes de terre, soit pour extraire la fécule. Il est donc clair que pour desservir plusieurs appareils

sur un même plan ou sur deux plans superposés, il faut avoir recours à un nombre déterminé de pompes. Et il suffit qu'une pompe ne marche pas pour arrêter complètement l'usine.

La pompe à piston, formée d'un sceau ou lanterne, doit être exclue, de même que les pompes à clapets battants, pour cette raison que, ayant à élever des matières presque solides dans lesquelles on rencontre parfois des matières étrangères, telles que paille, bois, morceaux de pommes de terre, etc., ces impuretés viendraient s'intercaler entre les clapets et arrêteraient les pompes ou diminueraient leur rendement utile.

Elles doivent donc être à piston métallique, dit plongeur, semblable à celui d'une pompe alimentaire, les clapets remplacés par des boulets vis-à-vis desquels il devra y avoir des regards faciles à démonter et n'étant assujettis qu'au moyen d'une vis de pression démontable à la main. Ce genre de pompes est celui dont le rendement atteint 80 0/0. Jusqu'alors on n'a rien trouvé de comparable.

Pour éviter les coups d'eau, dits de bélier, on munit chaque pompe d'un réservoir d'air.

La disposition de la figure 79 montre que sur un même mouvement on peut mettre deux, trois ou quatre pompes ; pour les balancer il est bon de les accoupler au moins par deux.

MOTEURS ET GÉNÉRATEUR

Les premières féculeries se servaient de la force hydraulique comme force motrice. Autrefois, on pouvait se contenter de cet agent naturel ; mais aujourd'hui la féculerie doit marcher avec la plus grande activité pour terminer la fabrication avant que les tubercules ne s'appauvrissent ; elle a donc besoin d'une force plus régulière et plus maniable. D'un autre côté, elle se sert de la vapeur pour le séchage de la fécule. Ce

n'est que dans certains cas exceptionnels qu'on peut tirer certains avantages de la force hydraulique ; nous n'y insisterons donc pas.

En féculerie il est nécessaire d'avoir deux moteurs à vapeur: l'un pour les turbines (dont la mise en route exige une certaine dépense de force), l'autre pour les autres appareils. Le premier doit développer une force égale au tiers environ de l'énergie totale. Ces deux moteurs seront alimentés par une seule et même chaudière. Le choix des moteurs doit se porter, non sur des appareils à faible consommation de vapeur ou de condensation, qui coûtent très cher et n'ont aucune utilité dans la circonstance puisque la vapeur détendue sert au séchage des fécules, mais sur des appareils simples et solides. Quant au générateur, il doit être tout au moins semi-tubulaire, surtout si l'on se trouve dans un pays où le charbon est cher, et avoir une surface de chauffe équivalent au double de la force des deux moteurs réunis.

Nettoyage du matériel de l'usine

Il y a diverses façons d'opérer ce petit travail aux divers moments d'arrêt de l'usine.

Ces moments d'arrêt sont fixés d'après le roulement de l'usine. Pour un travail de jour et de nuit la marche est la suivante :

Le patron ou son préposé dirige le travail de une heure de l'après-midi à dix heures, onze heures, minuit.

Le contremaître de une heure du matin à midi.

Les arrêts ont lieu de midi à une heure et de minuit à une heure.

En un quart d'heure tous les appareils sont nettoyés, changés ou remplacés par les préposés respectifs aux dits appareils.

Pour faciliter le nettoyage, une demi-heure avant l'arrêt le chauffeur donne au coup de sifflet pour prévenir de cesser toute alimentation aux laveurs de façon à laisser complétement vides tous les appareils et organes, tout en laissant se faire les services d'eau à seule fin de les débarrasser et de provoquer un lavage succinct.

Cette observation est essentielle, car non seulement il y a un lavage sommaire, mais les appareils seront déchargés et, à la remise en route aucunes courroies ne tomberont et le démarrage se fera haut le pied.

Pour nettoyer le laveur, on ouvre complètement les vidanges et on râcle les parois des caisses à boue.

Comme il reste peu de pommes de terre dans le laveur, on l'examine minutieusement pour enlever, s'il y a lieu, les pierres que l'on jette hors de l'usine.

Les mêmes observations s'appliquent aux autres appareils de lavage : élévateurs et épierreurs.

Le lavage et le nettoyage des carcasses toilées de tamis, et de tous les tamis quels qu'ils soient, doit être fait également avec soin, car delà dépend le bon fonctionnement de l'usine et, par suite, le rendement.

Il est nécessaire qu'aux deux arrêts de chaque jour les tamis soient changés, c'est-à-dire remplacés par d'autres. Le mode de nettoyage n'est pas le même dans toutes les usines. Certains industriels les nettoient simplement à l'eau au moyen d'un injecteur puissant ; d'autres par le brossage à l'eau ou par un jet de vapeur formant pluie : d'autres enfin par le feu de flamme soit avec des liens de paille sèche, soit avec la lampe éolipyle ou tout autre chalumeau, soit même au gaz.

On commence donc par les brosser avec de l'eau acidulée. on les laisse sécher dans une pièce ou un espace avoisinant le générateur, on les passe à la flamme de façon à brûler les pellicules et les graisses, puis on donne un brossage à sec. L'opération étant faite de la sorte, le tamis sera assurément

bien nettoyé. La flamme a encore l'avantage de recuire ainsi tous les jours les tamis en cuivre, ce qui augmente leur durée.

Les toiles du tamis peuvent être facilement nettoyées par l'ouvrier qui est chargé de les surveiller, c'est-à-dire pendant la marche de l'usine. En les nettoyant il bouche avec de la gutta-percha les trous qui peuvent s'y trouver; si le trou est trop grand, il y applique une pièce soudée avec la gutta-percha qu'il fait fondre avec sa lampe ou son chalumeau en ayant soin, au nettoyage suivant, de passer un peu plus vivement sa lampe sur les endroits réparés pour ne pas désouder ces pièces. On peut encore les souder à l'étain; mais dans ce cas le travail est fait par un spécialiste ou par un ouvrier familiarisé avec ce genre de travail.

Le nettoyage des toiles de turbines est fait également par les hommes qui les manœuvrent; à cet effet elles sont démontées ou simplement rabattues, brossées à l'endroit et à l'envers avec de l'eau de potasse et au savon pâte, qui les dégraisse complètement, et enfin à l'eau acidulée si on le juge utile.

On nettoie le plan des cuves chaque fois qu'elles viennent d'être vidées et toujours avec de l'eau acidulée.

Enfin, on fera en sorte de maintenir l'usine constamment en état de propreté parfaite. Tous les huit jours on lavera les mûrs à la hauteur des appareils avec de l'eau fortement acidulée afin d'empêcher le développement des ferments de toute sorte et la formation de mauvaises odeurs.

CHAPITRE VIII

CONTROLE DU TRAVAIL

CALCUL DU RENDEMENT EN FÉCULERIE

L'importance des rendements qu'on peut obtenir en féculerie, des frais de fabrication, de la quantité de fécule sèche qu'on peut fabriquer avec une quantité déterminée de fécule humide, la proportion de sous-produits relativement au produit de première qualité, sont autant de questions très importantes qu'il serait utile au fabricant de connaître. Nous ne sachions pas que ces questions aient été traitées à fond pour l'état actuel de l'industrie en France. Le Dr Saare, en Allemagne, les a soumises à une étude approfondie pour la féculerie allemande (1). Quoique les conditions du travail en France s'écartent un peu de celles où se trouve l'industrie allemande, nous pensons utile de reproduire dans ses grandes lignes l'étude du spécialiste allemand, en l'adaptant aux usages français.

Rendement total. — La quantité de fécule qu'on peut obtenir d'une quantité déterminée de pommes de terre dépend d'un grand nombre de facteurs, dont le premier et le plus important est la richesse en fécule des tubercules mis en œuvre.

(1) *Zeitschr. f. Spiritusindustrie*, 1890.

Il est évident que plus ceux-ci contiennent de fécule, plus le rendement sera élevé. En ce qui concerne la prise de densité des pommes de terre et l'évaluation du taux de fécule, nous avons déjà fait remarquer que la richesse en fécule, telle qu'elle ressort de la pesée à l'aide d'une des balances employées à cet effet, est assez exacte au point de vue de la distillerie, mais non de la féculerie, parce que, suivant le degré de maturité, le mode et la durée de conservation des pommes de terre, une partie de la fécule indiquée comme telle dans le calcul des tables densimétriques employées, se transforme en hydrates de carbone solubles (sucre et dextrine) qui sont entraînés par les eaux de lavage et, par suite, perdus pour la féculerie. C'est pourquoi les intéressés ont souvent exprimé le désir de posséder une table qui tînt compte de ces faits, mais il est presque impossible d'établir une table de ce genre, vu que la proportion de fécule se transformant en sucre et en dextrine est essentiellement variable suivant les circonstances. D'après Maercker, la proportion d'hydrates de carbone solubles peut atteindre 0,58 à 6,07 0/0 de la fécule, soit 0,12 à 1,21 0/0 pour des pommes de terre renfermant 20 0/0 de fécule. Saare a même trouvé jusqu'à 35 0/0 de ces substances dans des pommes de terre non arrivées à maturité ; on voit par là que l'erreur peut atteindre des proportions très importantes. Le fabricant de fécule agira donc sagement en retranchant en moyenne 1,5 du chiffre trouvé par le pesage des pommes de terre.

Un autre facteur réside naturellement dans le mode de fabrication. La perfection du râpage joue un grand rôle ; plus il sera parfait, plus il y aura de fécule mise en liberté, susceptible d'être extraite ensuite de la pulpe par le lavage sur tamis ; plus on tamisera fin, moins on aura de gras et de rinçures et plus le rendement sera élevé. Le déposage lui-même n'est pas sans exercer une influence ; mieux la fécule se dépose, moins il y a de pertes par entraînement par l'eau.

Pour établir des chiffres exacts de rendement, il faut donc

tenir compte des procédés de fabrication, car il est impossible d'établir une fois pour toutes des chiffres valables pour tous les cas.

La principale cause de perte en féculerie réside incontestablement dans l'épuisement incomplet de la pulpe ; il y a bien aussi une certaine quantité de fécule entraînée par les eaux de lavage, mais dans toute fabrique bien installée elle est minime, et l'auteur n'en tient pas compte.

Le moyen de contrôle le plus simple et le plus sûr de la fabrication de la fécule, est l'analyse des pulpes. Cette analyse permet d'ailleurs de se rendre un compte exact de la valeur des procédés de fabrication et de l'effet utile des appareils qu'on emploie.

Si l'on trouve, par exemple, dans un échantillon de pulpe, qu'elle renferme encore une certaine partie de fécule mise à nu, extractible par lavage, on peut en conclure avec certitude, soit que le tamisage a été conduit trop rapidement, soit que les tamis fonctionnent mal.

Si, par contre, la pulpe renferme encore une proportion importante de fécule non mise à nu, cela prouve que le râpage a été défectueux, que cette opération a été mal conduite ou que la construction de la râpe est défectueuse. L'un et l'autre cas peuvent parfois se rencontrer, car les échantillons de pulpe des fabriques qui travaillent bien ne renferment généralement que peu de fécule, extractible ou non.

La perte de fécule dans les pulpes peut être établie approximativement comme suit :

On peut admettre, d'après de nombreux essais, que la teneur des pommes de terre en cellulose s'élève à 1,5 0/0 en chiffre rond et que cette proportion reste sensiblement constante. L'expérience montre qu'avec un très bon travail les pulpes renferment 50 0/0 de fécule dans la substance sèche (1),

(1) Avec certaines sortes de pommes de terre, telles que Seed et Champion, la teneur des pulpes en fécule est même plus faible.

60 0/0 avec un bon travail, 70 0/0 avec un travail moyen et 80 0/0, rarement plus, avec un mauvais, y compris la fécule entraînée par les eaux de lavage de la pulpe. En admettant le chiffre de 1,5 0/0 pour la cellulose, on aurait donc :

Par 50 kilogr. de pommes de terre	Pulpe Anhydre	Renfermant Fécule
Avec un excellent travail.	1 kg. 500	0 kg. 750
Avec un bon travail.	1 kg. 875	1 kg. 125
Avec un travail moyen	2 kg. 500	1 kg. 750
Avec un mauvais travail	3 kg. 750	3 kg. »

Comme d'autre part il faut retrancher 1,5 0/0 du taux de fécule trouvé au pesage, il faudra, en ajoutant le chiffre de 1,5 0/0 à la perte de fécule dans la pulpe, retrancher du chiffre trouvé au pesage : 1 kilogr. 500 — 1 kilogr. 875 — 2 kilogr. 500 — 3 kilogr. 750, selon la qualité du travail, pour trouver la quantité de fécule qu'on devra extraire. Des pommes de terre accusant 20 0/0 de fécule au pesage rendraient, par suite, 17 à 16,25 — 15 — 12,50 0/0 de fécule anhydre. En pratique, lorsqu'on fabrique de la fécule verte, on obtient le double, la fécule renfermant en cet état 50 0/0 d'eau en chiffre rond, soit donc 17 — 16,25 — 15 — 12 kilogr. 50 de fécule verte par 50 kilogrammes de pommes de terre.

Veut-on calculer, d'après cela, la quantité de fécule achevée, prête à être expédiée par chemin de fer, il faut déduire les pertes par transport que chaque fabricant devra établir suivant sa situation, l'état des routes, la distance à parcourir, la température, etc. La fécule transportée en été renferme en moyenne 48,5 0/0 d'eau, soit 51,5 de fécule anhydre, de sorte que si on a obtenu, par exemple, 1.500 kilogrammes de fécule par 5.000 kilogrammes de pommes de terre, il en restera net, rendu au chemin de fer, $\frac{1.500 \times 50}{51,5} = 1.456$ kilogrammes de fécule verte.

Partant de ces pertes, Saare a établi dans les tables sui-

vantes la quantité de fécule verte (50 0/0 d'eau) et de fécule sèche (à 20 0/0 d'eau) qu'on peut obtenir : 1° par 10.000 kilogrammes de pommes de terre ; 2° par 1.250 kilogrammes avec un excellent travail, avec un bon travail, avec un travail moyen et avec un mauvais travail, en admettant que 50 kilogrammes de fécule verte à 50 0/0 d'eau rendent 30 kilogrammes de fécule sèche à environ 20 0/0 d'eau.

La table II indique ensuite la quantité de pommes de terre nécessaire pour fabriquer 100 kilogrammes de fécule verte ou sèche ; les tables donnent en outre la quantité de fécule 1er, 2e, 3e, fécule de rinçures, etc.

I. — *10.000 kilogr. de pommes de terre donnent :*

Fécule trouvée au pesage 0/0	Avec un excellent travail		Avec un bon travail		Avec un travail moyen		Avec un mauvais travail	
	Fécule verte kg.	Fécule sèche kg	Fécule verte kg.	Fécule sèche kg.	Fécule verte kg.	Fécule sèche kg.	Fécule verte kg.	Fécule sèche kg.
24	4.200	2.520	4 050	2.430	3.800	2.280	3.300	1.980
22	3.800	2.280	3.650	2.190	3.400	2.040	2.900	1.740
20	3 400	2.040	3.250	1.950	3.000	1.800	2 500	1.500
18	3.000	1.800	2.850	1.710	2.600	1.560	2.100	1.260
16	2.600	1.560	2.450	1.470	2.200	1.320	1.700	1.020
14	2.200	1.320	2.050	1.230	1.800	1.080	1.300	780
12	1.800	1.080	1.650	990	1.400	840	900	540

II. — *Quantités de pommes de terre nécessaires pour fabriquer 100 kilogr. de fécule.*

Fécule trouvée au pesage %	Avec un excellent travail		Avec un bon travail		Avec un travail moyen		Avec un mauvais travail	
	Pour Fécule verte kg.	Pour Fécule sèche kg.	Pour Fécule verte kg.	Pour Fécule sèche kg.	Pour Fécule verte kg.	Pour Fécule sèche kg.	Pour Fécule verte kg.	Pour Fécule sèche kg.
24	240	400	250	410	260	440	300	500
22	260	440	270	460	290	490	350	570
20	290	490	310	510	330	550	400	660
18	330	550	350	580	380	640	480	790
16	380	640	410	670	460	760	590	980
14	460	760	490	800	550	930	770	1.280
12	550	930	600	1.010	710	1.190	1.110	1.850

Saare affirme que ces chiffres se rapprochent de très près de ceux obtenus en pratique. En effet, voici d'après les indications qu'il a reçues de fabricants de fécule, les rendements obtenus :

	Teneur des pommes de terre en fécule 0/0	Rendement par 1,250 kilogr. de pommes de terre kilogr.	État de la pulpe
1. Petite féculerie avec râpe et moulin pour le repassage. . . .	19 » %	310 fécule verte	grosse, exempte de semelles
2. Petite féculerie avec râpe à dents de scie .	21 » %	415 —	assez fine
3. Petite féculerie avec râpe et moulin. . .	17.5 %	300 —	assez fine
4. Petite féculerie avec râpe et moulin . . .	20 » %	390 —	assez fine
5. Petite féculerie avec râpe et moulin. . .	19.5 %	225 fécule sèche	fine
6. Grande féculerie avec râpe et moulin. . .	17 » %	190 —	assez fine
7. Grande féculerie avec râpe et moulin . .	19 » %	237.50 —	fine

La féculerie désignée au n° 1 a donc un rendement qui dénote presque un mauvais travail ; la pulpe est grosse, mais le tamisage est bon ; le rendement du n° 2 correspond à un bon travail ; le n° 3 approche du travail moyen ; le n° 4 dépasse le travail moyen ; le travail du n° 5 peut être considéré comme bon ; le n° 6 est meilleur, et enfin le n° 7 fait un excellent travail. Ces données correspondent d'ailleurs très bien aux rendements contrôlés par l'auteur dans deux usines.

Il peut arriver néanmoins que ces tables ne soient pas toujours absolument exactes dans tous les cas, d'abord, parce que le coefficient de 1,5 0/0 à retrancher comme représentant des matières autres que la fécule, peut être trop élevé ou trop bas et que, par suite, les rendements peuvent être plus élevés ou plus faibles ; ensuite, parce qu'il peut y avoir des pertes de fécule autrement que par la pulpe, et enfin parce que le chiffre moyen de 1,5 0/0 adopté pour la cellulose des pommes de terre peut subir également de légères variations.

Les tables ci-dessus nous montrent jusqu'à l'évidence combien les pertes sont grandes dans les fabriques qui font un mauvais travail : elles montrent aussi que les pertes s'élèvent proportionnellement avec la diminution de la teneur des pommes de terre en fécule : tandis qu'avec un bon travail on extrait 2.025 kilogrammes de fécule verte ou 1.215 kilogrammes de fécule sèche par 5.000 kilogrammes de pommes de terre à 24 0/0 de fécule, on n'en extrait que 825 kilogrammes de fécule verte ou 495 kilogrammes de fécule sèche, alors que normalement on devrait en obtenir respectivement 1.010 kilogrammes et 610 kilogrammes ; la perte augmente donc ici d'environ 20 0/0. Si nous poursuivons notre raisonnement dans le même ordre d'idées, nous voyons encore que, s'il faut 510 kilogrammes de pommes de terre pour fabriquer 100 kilogrammes de fécule sèche, ou 310 kilogrammes pour fabriquer la même quantité de fécule verte avec des pommes de terre d'une richesse de 20 0/0, il en faudra respectivement

1.010 kilogrammes et 600 kilogrammes avec des pommes de terre de 12 0/0. Avec des pommes de terre pauvres en fécule, les frais de fabrication sont deux fois plus élevés pour une même quantité de fécule qu'avec des pommes de terre riches ; il en résulte que des pommes de terre de 12 0/0 de fécule valent à peine 50 0/0 de celles à 20 0/0 pour la féculerie.

Par suite aussi, il est important de travailler les pommes de terre le plus rapidement possible et avant que leur richesse ne diminüe, et de donner la préférence aux tubercules riches, même lorsqu'ils coûtent relativement plus cher.

Pour les pommes de terre malades ou atteintes de pourriture, il est impossible de calculer le rendement. Une grande partie de la fécule est perdue par le tamisage des pulpes ; en outre, la fécule de tubercules pourris se dépose difficilement, reste coulante, donne beaucoup de gras et de rinçures, elle est facilement entraînée par les eaux de tamisage. Ce n'est que par une longue pratique du métier qu'on peut se faire une idée des rendements qu'il est possible d'obtenir avec des tubercules de ce genre.

Rendement de la fécule verte en fécule sèche et en poudre de fécule (1)

Le rendement qu'on peut obtenir en fécule sèche et en poudre de fécule par la dessiccation de la fécule verte dépend d'abord de la teneur en eau de la fécule verte mise en œuvre, ensuite de la teneur en eau de la fécule sèche, et enfin, des pertes subies pendant la dessiccation (formation de poussière de fécule, granulation par formation d'empois). Théoriquement, 100 kilogrammes de fécule verte d'une teneur en eau de 50 0/0 doivent fournir 62 kilogr. 500 de fécule à 20 0/0 d'eau,

(1) D'après Dr Saare, *Zeitschr. f. Spiritusind.*

puisque 100 kilogrammes de fécule verte à 50 0/0 d'eau renferment 50 kilogrammes de fécule anhydre, et 100 kilogrammes de fécule à 20 0/0 d'eau renferment 80 kilogrammes de fécule anhydre. Donc, 1 kilogramme donnera $\frac{100}{80}$ kilogrammes de fécule sèche du commerce, et 50 kilogrammes de fécule anhydre ou 100 kilogrammes de fécule verte fourniront $\frac{50 \times 100}{80} = 62$ kilogr. 50 de fécule sèche du commerce.

Mais si la teneur en eau de la fécule verte est plus élevée ou plus faible que 50 0/0, le rendement en fécule sèche variera en proportion.

Lorsque l'épuration de la fécule est mal exécutée, le lavage fait avec trop peu d'eau, et plus encore lorsqu'on met en œuvre des pommes de terre pourries, la teneur en eau peut atteindre jusqu'à 54,5 0/0 et celle en fibres végétales jusqu'à 1/2 0/0.

Dans ce cas, 100 kilogrammes de fécule verte ne renfermeraient que 45,5 kilogrammes de fécule anhydre qui ne peuvent fournir que $\frac{45,5 \times 100}{80} = 56,9$ kilogrammes de fécule sèche, supposé que les opérations relatives à la dessiccation soient exécutées d'une façon normale.

Lorsqu'on expédie de la fécule verte et non gelée (dans ce dernier cas elle peut renfermer 52 0/0 d'eau), la teneur en eau diminue selon la distance à parcourir et l'état des routes, et peut tomber jusqu'à 47,5 0/0. 100 kilogrammes de fécule verte de cette sorte fourniront, toutes conditions normales d'ailleurs, $\frac{52,5 \times 100}{80} = 65,6$ kilogrammes de fécule sèche; mais si la fécule doit subir préalablement un nouveau lavage et une nouvelle épuration, le rendement en fécule sèche sera un peu moindre.

Lorsqu'avec de la fécule ayant 50 0/0 d'eau la dessiccation ne va pas exactement jusqu'à 20 0/0 d'eau, si par conséquent

la fécule sèche renferme moins d'eau, 18 0/0 par exemple, 100 kilogrammes de fécule verte ne fourniraient plus 62,5 kilogrammes de fécule sèche, puisqu'à 18 0/0 d'eau elle renferme 82 0/0 de fécule anhydre, mais seulement $\frac{50 \times 100}{82} = 61$ kilogrammes de fécule sèche ; à 16 0/0 d'eau, on n'aurait plus que 59,5 kilogrammes de fécule sèche.

Le tableau suivant indique les rendements en fécule sèche, correspondant à la mise en œuvre de 100 kilogrammes de fécule verte, d'une teneur variable en eau.

100 kilogr. de fécule verte fourniront en fécule sèche :

Teneur en eau de la fécule verte	Teneur en eau de la fécule sèche						
	20 %	19 %	18 %	17 %	16 %	15 %	14 %
%	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
55	56,2	55,5	54,8	54,2	53,6	52,9	52,3
54	57,5	56,9	56,1	55,4	54,8	54,1	53,5
53	58,7	58,0	57,3	56,6	56,0	55,3	54,6
52	60,0	59,2	58,5	57,8	57,1	56,5	55,8
51	61,2	60,5	59,7	59,0	58,2	57,6	57,0
50	62,5	61,7	61,0	60,2	59,5	58,8	58,1
49	63,7	62,9	62,2	61,4	60,7	60,0	59,3
48	64,9	64,2	63,4	62,6	61,9	61,2	60,5
47	66,1	65,4	64,7	63,8	63,1	62,3	61,6
46	67,4	66,6	65,8	65,1	64,2	63,5	62,8
45	68,6	67,9	67,1	66,2	65,3	64,7	63,7

Quant aux autres pertes auxquelles peut donner lieu la dessiccation, elles sont, en général, très faibles. La formation de poussière de fécule dans l'étuve n'est jamais considérable, surtout si la dessiccation est bien conduite ; le blutage lui-même ne causera qu'une perte insignifiante avec un travail soigné. Il

y a exception toutefois pour certains systèmes de dessiccation, tels que l'appareil Schmidt en Allemagne, qui exige l'installation d'un collecteur de poussière. L'appareil Fehrmann est dans le même cas. Il peut également se former une certaine quantité de poussière avec la toile sans fin, surtout lorsque la dessiccation est trop forte.

Une source de pertes, souvent considérables, est celle de la formation d'empois, lorsque la dessiccation n'est pas conduite avec précaution, ou si l'installation de l'étuve est défectueuse.

En résumé, avec un bon travail et dans des circonstances normales, on obtient généralement par 100 kilogr. de fécule verte, 60 kilogr. de fécule sèche marchande.

Proportion de fécule première, seconde, troisième, fécule de gras et de rinçures. — S'il est difficile d'établir le rendement total d'une féculerie, il est bien plus difficile encore de déterminer d'une manière générale, et avec une approximation suffisante, la proportion de fécule première et de bas produits. Il y a exception pour les petites fabriques de fécule verte ou de fécule sèche qui ne produisent que de la fécule première, puis une sorte de fécule de qualité inférieure et des rinçures, et qui par conséquent s'efforcent de produire de la fécule première en aussi grande quantité que possible aux dépens de la qualité. Le rendement en fécule des différentes qualités dépend du mode de travail ; il est évident que les résultats diffèrent suivant qu'on fait déposer la fécule sur plans inclinés ou dans des bassins, suivant qu'on l'épure ou non, etc. Mais le facteur le plus important est encore la qualité des pommes de terre mises en œuvre. Les tubercules malades, gelés, échauffés, pourris, laissent souvent de grandes quantités de bas produits, suivant leur degré de détérioration. Les pommes de terre peu riches en fécule fournissent beaucoup moins de fécule première, même lorsqu'elles sont bien saines, que les pommes de terre riches ; la même observation s'applique aux pommes de terre longtemps conservées. En outre, les résul-

tats varient également suivant les sortes de pommes de terre et les années. Beaucoup de sortes se distinguent par une proportion élevée de grains de fécule plus ténus, et cette proportion varie encore suivant les années (1). Or, plus les tuber-

(1) Le Dr Saare avait déjà fait remarquer, en 1884, que différentes sortes de pommes de terre, ayant végété dans le même terrain, se distinguent par certaines particularités qui leur sont communes. Il a démontré que la fécule première est constituée par des grains dont le diamètre mesure plus de 21 micromillimètres (1 micromillimètre = 0,001 m/m) en moyenne; que ceux qui ont un diamètre de 21 à 12.5 mic. forment la fécule deuxième, et enfin que ceux qui mesurent moins de 12.5 mic. sont entraînés par les eaux de lavage. Il a trouvé, dans ses expériences, que certaines sortes de pommes de terre, telles que *Seed* et autres, fournissaient un rendement plus élevé en fécule première que d'autres, telles que la *Daber*, mais que la proportion varie suivant les années. La conservation des tubercules n'apporte aucun changement à cette proportion, la détérioration des tubercules, par suite des phénomènes de la respiration, attaquant les grains de fécule de toute grosseur. Il en résulte que les pommes de terre qui renferment la plus grande quantité de gros grains de fécule première fournissent le rendement le plus élevé en fécule de première qualité. C'est ainsi qu'une fabrique qui mettait en œuvre des pommes de terre des variétés de :

Seed	à 18.8 %	de fécule.
Champion	à 20.6 %	—
Oignon de Saxe.	à 23.0 %	—

n'obtenait que des rendements médiocres en fabrication. Saare, consulté, en trouva la cause dans la faible proportion de gros grains de fécule dans les tubercules.

Sur 100 grains de fécule

		1re	2e	Perte
Seed contenait :	Grains de fécule	25	17	58
Champion —	—	20	24	56
Oignon de S. —	—	21	26	53

Le degré de maturité, la température, la nature du terrain sont autant de facteurs qui influent sur la proportion des gros grains, ceux-ci augmentant toujours avec la maturation.

On voit par là que dans la féculerie, comme dans les industries de fermentation, le succès dépend souvent des infiniment petits, et que là comme ici il faut avoir recours au microscope pour faire un travail rationnel.

cules renferment de ces grains ténus, plus la quantité de bas-produits sera importante. Les circonstances climatériques elles-mêmes ne sont pas sans influence ; car si la température extérieure est élevée, il s'établit des fermentations qui entravent le dépôt de la fécule.

Pour les grandes fabriques, il est absolument impossible de fixer d'avance le rendement qualitatif, vu qu'elles produisent différentes qualités qui ne sont plus comparables à celles des fabriques voisines ; ainsi, par exemple, la fécule provenant des gras et des rinçures des grandes fabriques est souvent aussi belle que la fécule première de certaines petites fabriques qui mélangent la fécule première et la fécule deuxième et mettent ce mélange dans le commerce sous le nom de fécule première de qualité commune. D'après des expériences personnelles, faites antérieurement par Saare, la proportion, en chiffres ronds, entre les différentes qualités était la suivante :

Fécule Première	Fécule de rinçures	Rinçures
7	1 »	1 »
5	0.3	0 1
9	0.4	0.3
9	1 »	1 »
10	0.4	0.3
7	»	1 »

De sorte que les seconds et les derniers produits atteignaient 1/5, 1/6, 1/8, 1/13, 1/14 du rendement total.

Dans la fabrication de la fécule sèche, les bas produits formaient 1/5 — 1/8 du rendement total dans les petites féculeries, et 1/5 — 1/7 dans les grandes.

On peut donc admettre que *les produits de qualité secondaire forment en moyenne 1/7 du rendement total.*

Les frais de fabrication. — Il est impossible de fixer exactement les frais de fabrication par 100 kilogrammes de fécule sèche ou de fécule verte, et cela se comprend ; nous avons déjà

vu plus haut que la faible teneur des pommes de terre en fécule suffit à elle seule pour augmenter les frais de fabrication du simple au double, vu qu'il faut mettre en œuvre deux fois plus de tubercules pour obtenir une quantité donnée de fécule.

Mais, même avec des pommes de terre riches, les frais de fabrication peuvent varier suivant la situation de la fabrique ; la proximité du chemin de fer ou de canaux influe sur le prix du combustible et les frais d'expédition : il faut tenir compte aussi des salaires, de la valeur de l'installation de la fabrique et, par conséquent, de la fréquence des réparations, de l'épuisement et du mode d'utilisation des pulpes, des eaux résiduaires. Toutes ces circonstances peuvent, on le comprend, exercer une influence considérable sur la prospérité d'une fabrique.

D'après des renseignements recueillis par le Dr Saare, les frais de mise en œuvre de 1.000 kilogrammes s'élèvent :

Dans les fabriques de fécule verte à 6 fr. 25 — 7 fr.
— fécule sèche à 6 fr. — 10 fr.,

y compris les frais d'amortissement.

Pour se rendre compte de l'importance du prix du charbon dans les frais de fabrication, il suffit de se rappeler que pour la mise en œuvre de 1.000 kilogrammes de pommes de terre, on consomme pour 0 fr. 68 à 1 fr. de charbon dans les situations les plus favorables et jusqu'à 4 fr. dans les situations les moins favorables. Les frais de fabrication s'élèvent à 0 fr. 937 à 1 fr. 25 par sac de fécule verte.

Il est à peine nécessaire de faire observer que tous ces chiffres n'ont qu'une valeur relative, et qu'ils peuvent être trouvés inexacts dans certains cas, car il est impossible de tenir compte, par le menu, de toutes les conditions qui peuvent se présenter. Il n'en est pas moins vrai qu'ils nous fournissent une base générale sur laquelle on pourra tabler pour des cas particuliers.

En terminant, nous ferons remarquer que, comme nous l'avons déjà dit plus haut, tous ces chiffres s'appliquent à la féculerie allemande et que, pour notre pays, ils doivent être majorés en proportion de la différence des conditions économiques.

CHAPITRE IX

FABRICATION DE LA FÉCULE DE MARRONS

Les marrons, fruits du marronnier (*Aesculus hippocastanum*), renferment jusqu'à 28 0/0 d'amidon, d'après Jacquelin. Un marronnier de 20 ans peut produire environ 1 hectolitre = 75 kilogrammes de marrons par an ; un arbre ayant atteint son complet développement peut en produire jusqu'à 3 hectolitres.

La composition des marrons est la suivante, d'après Jaquelin :

Désignation	Avec l'écorce	Sans l'écorce
Eau.	41,8411	43,977
Cendres	1,3554	1,163
Matières grasses solubles dans le sulfure de carbone	0,1238	3,833
Matière huileuse	3,1880	
Matière résineuse (soluble dans l'alcool)	0,8941	0,852
Cellulose et matière incrustante	10,8490	
Dextrine.	11,9050	14,320
Glucose	1,6260	
Amidon	28,1970	33,900
	99,9989	100,000

On a trouvé que la coque représente en moyenne 17 0/0 dans la grosse châtaigne et 14 0/0 dans la petite ; on a trouvé

dans la châtaigne de moyenne grosseur, de 16 à 24 0/0 d'amidon, et dans la petite châtaigne séchée à l'air jusqu'à 30 0/0 d'amidon.

Cette teneur élevée des marrons en fécule avait inspiré l'idée de les utiliser pour son extraction ; en 1850, plusieurs fabriques furent installées en France, mais elles vécurent ce que vivent les roses, et depuis on n'en a plus parlé.

Quoique cette fabrication ne nous semble pas réunir les conditions nécessaires à une exploitation régulière, nous donnerons néanmoins la marche à suivre pour l'édification de ceux de nos lecteurs qui voudraient tenter un essai.

Dans les cas où il n'est pas essentiel de fabriquer un produit d'une éclatante blancheur, c'est-à-dire lorsque ce produit n'est pas destiné directement à l'alimentation humaine, on procède de la même manière que pour l'extraction de la fécule de pommes de terre. Les marrons, débarrassés de leur écorce, sont râpés ou broyés et réduits en une bouillie fine dont on extrait ensuite l'amidon par une série de tamisages à l'aide des appareils connus.

Les frais occasionnés par ces opérations sont, de l'avis de certains auteurs, largement couverts par les résidus, qui sont très propres à l'alimentation du bétail. On conseille d'ajouter un peu de soude aux eaux de lavage.

La fécule se dépose en fort peu de temps ; on la débarrasse de son excès d'eau et la dessèche sans l'épurer. Il faut en moyenne 240 à 250 kilogrammes de marrons décortiqués pour obtenir 100 kilogrammes de fécule.

On peut aussi, d'après von Wagner, extraire la fécule des marrons par l'ancien procédé d'extraction de l'amidon des céréales, c'est-à-dire par fermentation. Les marrons, débarrassés de leur écorce, sont râpés ; la bouillie est diluée dans des cuves et abandonnée à elle-même ; la fermentation ne tarde pas à se produire spontanément. Lorsqu'elle est achevée et que l'eau a pris un goût acide, astringent, et que les ma-

tières en suspension se sont précipitées (ce qui se produit généralement au bout de quinze jours), on décante l'eau, on met le dépôt féculent en sacs de toile, qu'on triture avec les pieds dans des récipients ou à l'aide d'une meule verticale lorsque le travail a une certaine importance, en ayant soin d'arroser les sacs avec un jet d'eau.

L'eau féculente ainsi obtenue est élevée sur un plan incliné ; le dépôt qui s'y forme est ensuite soumis à un nouveau lavage, tamisé, dilué de nouveau, etc. ; en un mot il subit les mêmes opérations que l'amidon de froment. Les résidus et déchets constituent un excellent aliment pour les porcs. Une partie de l'eau sûre est mise en réserve pour produire la fermentation dans une opération ultérieure.

Nicolle et Deschamps conseillent de laisser en tas pendant 15 jours les marrons privés de leur enveloppe verte ; les fruits subissent alors de même une sorte de fermentation ; ensuite seulement on les épluche et on les soumet à une série de lavages dans l'eau additionnée de 5 à 10 0/0 d'acide chlorhydrique. Ces opérations ont pour but d'enlever aux fruits leur âcreté.

Ils sont ensuite broyés et le liquide féculent est passé au tamis pour séparer la fécule. Celle-ci est lavée dans une eau acidulée jusqu'à ce qu'elle ait perdu sa coloration verdâtre et son amertume. On laisse ensuite déposer la fécule et on la sèche.

Dans sa féculerie de marrons installée à Nanterre en 1855 et démolie peu de temps après, de Callias soumettait la pulpe de marrons, produite par râpage, à un nouveau broyage dans un moulin pour déchirer plus complètement les cellules et augmenter par suite le rendement en fécule.

C. F. Cross et F. R. Remington ont pris un brevet pour la fabrication de fécule de marrons. Ils réduisent les fruits en une matière pateuse par la mouture. Les fruits à l'état frais se prêtent facilement à ce travail, mais les fruits secs doivent

être préalablement concassés, trempés dans de l'eau additionnée d'un peu d'acide sulfurique, puis moulus. Pour dissoudre les hydrates de carbone solubles, on traite la matière broyée par de l'eau froide. La fécule en suspension dans le liquide est extraite par tamisage et par dépôt. On réunit ensuite le liquide de décantation et la pulpe et on les fait bouillir avec environ 2 0/0 (poids) d'acide sulfurique ; on neutralise le produit avec de la chaux et on laisse déposer. Le liquide ainsi obtenu contient une certaine quantité de sucre qu'on peut obtenir à un état plus concentré ; on peut encore le faire fermenter avec de la levure de bière et en extraire l'alcool par distillation.

Ce procédé ne nous paraît pas devoir réussir mieux que ceux essayés dans le passé pour l'utilisation des marrons.

DEUXIÈME PARTIE

FABRICATION DE L'AMIDON

Comme on l'a vu plus haut, l'extraction de la fécule des pommes de terre est relativement facile. Il n'en est pas de même des céréales, qui présentent une très grande dureté et nécessitent l'emploi de moyens mécaniques puissants pour les pulvériser. C'est que dans les céréales la matière amylacée est retenue par une substance azotée agissant à la manière de la gomme ; cette substance est le *gluten.*

La présence du gluten dans les farines a été tout d'abord un obstacle à la fabrication de l'amidon ; c'est elle aussi qui a été cause du peu d'extension que reçut, dans le principe, l'amidonnerie, supplantée qu'elle était par la fabrication beaucoup plus facile de la fécule de pommes de terre. Cependant, le gluten jouit de propriétés physiques et chimiques qui permettent de l'isoler facilement de l'amidon.

Le gluten est insoluble dans l'eau, il s'agrège en une matière grisâtre collant aux doigts; abandonné dans l'eau, il gonfle, puis se décompose sous l'action d'une fermentation putride qui dégage beaucoup d'acide carbonique, d'hydrogène et d'hydrogène sulfuré ; bientôt il se ramollit, devient fluide et noirâtre ; l'eau devient acide et le gluten disparaît.

Enfin, le gluten est facilement dissous par les alcalis caustiques, ainsi que par les acides minéraux et organiques.

Tels sont les principes qui président au travail des amidonneries.

Les grains les plus généralement employés pour l'extraction de l'amidon sont : le maïs, le riz et le froment.

Le tableau suivant donne les proportions des principes immédiats les plus importants contenus dans les grains de céréales (1).

Désignation	Amidon	Gluten et matière azotée	Dextrine et sucre	Graisse	Cellulose	Sels minéraux
Blé dur d'Afrique. .	64.57	19 50	7.60	2.12	3.20	2.71
Blé demi-dur de Brie	68.65	16.25	7.00	1.95	3.40	2.75
Seigle	65.65	13.50	12.00	2.15	4.10	2.60
Orge	65.43	13.96	10.00	2.76	4.75	3.10
Avoine.	60.59	14.39	9.25	5.50	7.06	3.25
Maïs	67.55	12.50	4.00	8.80	5.90	1.25
Riz	89 15	7.05	1.00	0.80	1.10	0.90

(1) Payen. *Chimie industrielle.*

CHAPITRE X

FABRICATION DE L'AMIDON DE MAÏS (1)

OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES

Le maïs (*Zeas maïs*), appelé aussi blé de Turquie, provient de l'Amérique ; il a été importé en Europe au XVIIe siècle et est aujourd'hui cultivé en grand dans la plupart des pays tempérés. On distingue plusieurs sortes de maïs, dont les principales sont : le maïs jaune à gros grains et le maïs à petits grains. Une variété importante de maïs à gros grains est le maïs *dent de cheval*, dont la tige atteint 3 à 5 mètres de hauteur, mais dont les grains n'arrivent jamais à maturité dans les pays d'Europe.

Les différentes variétés de ces deux sortes principales se distinguent soit par la forme de leurs épis, soit par la forme et la couleur des grains.

Jusqu'à l'établissement du droit d'entrée de 3 francs sur le maïs (1891), l'importation en France de cette céréale avait

(1) Nous avons mis à contribution pour cette partie de notre travail des notes pratiques de fabrication que nous a remises M. G. Scheffter, ingénieur.

Sa longue pratique du métier, la direction successive de plusieurs amidonneries importantes le mettaient à même, mieux que tout autre, de nous révéler les fameux *secrets* si soigneusement gardés par les fabricants.

pris un développement considérable, au grand profit de l'agriculture de notre pays; l'importance de la fabrication de l'amidon extrait des céréales avait suivi une marche parallèle, par suite de la situation déplorable dans laquelle était tombée la féculerie. Auparavant, la fabrication de l'amidon de maïs avait été entravée pendant de longues années par suite des difficultés qu'on rencontrait dans le commerce pour l'écoulement de ce produit, dont la blancheur et la pureté n'atteignaient jamais celles de l'amidon du blé. Le maïs contient, en effet, indépendamment de l'amidon, du gluten, une quantité importante de matière grasse pouvant servir à la fabrication d'huile à brûler ; son analyse fournit en moyenne :

Amidon.	65
Gluten	10
Germes huileux	12
Eau, gomme, etc	13
	100

Cette proportion relativement considérable de germes huileux présente de réelles difficultés pour la mouture du maïs ; tout en encrassant rapidement les meules, les germes donnent des farines à goût de rance, celles-ci sont d'une conservation difficile et ne peuvent être mélangées qu'en faible quantité aux farines de blé, par exemple, pour en faire du pain ou des pâtes alimentaires.

Par le procédé que nous allons décrire on obtient la séparation des sons et des germes huileux d'une manière absolue, et la mouture, qui donne une farine d'une belle blancheur, ne présente aucune difficulté ; l'amidon qu'on en retire peut être comparé au meilleur amidon de blé

Nettoyage et trempe des grains

La première opération à faire subir au maïs est un nettoyage soigné ; pour cela on fait passer le maïs brut dans un tarare-émoteur-cribleur. Le grain, bien débarrassé des matières étrangères, épis de maïs, poussière, etc., doit ensuite passer par un appareil magnétique qui en élimine les clous assez nombreux dans les maïs d'Amérique.

Le maïs épuré est repris par un élévateur et versé dans une auge en bois dans laquelle tourne une vis d'Archimède ; celle-ci le conduit dans des cuves que l'on remplit successivement à l'aide de dispositions spéciales. Les cuves sont en bois, cerclées de fer ; elles ont une forme tronconique et une capacité de 10 mètres cubes (1).

On verse dans chacune d'elles 4.500 kilogrammes de maïs, puis on les remplit presque complètement d'eau ; on brasse le mélange pour laver soigneusement le grain, on laisse ensuite écouler le liquide et on le remplace par de nouvelle eau à laquelle on ajoute de l'acide sulfureux.

La solution d'acide sulfureux doit recouvrir entièrement le grain. La trempe dure au moins 7 jours ; plus elle est prolongée, plus le grain se ramollit et plus il sera facile à écraser. L'expérience montre que la meilleure trempe est de 15 jours à la température ordinaire.

Dans certaines usines on élève parfois la température jusqu'à 35° C, par une injection de vapeur. Mais, comme il est très difficile de répartir uniformément la chaleur dans la masse

(1) Ne jamais employer de cuves en tôle et éviter d'une manière générale les appareils en fer à cause de la formation de rouille qui est préjudiciable à la blancheur de l'amidon. Dans le cas où l'on ne peut éviter l'emploi des appareils en fer, il est nécessaire d'en peindre l'intérieur à la chaux.

du grain, on est obligé de renoncer à ce moyen, malgré l'avantage qu'il procure en diminuant la durée de la trempe.

Sous l'influence de l'acide sulfureux le grain se boursoufle, se fendille intérieurement, la pellicule épidermique et la matière jaune se décolorent. En même temps, le germe huileux durcit et se détache du noyau farineux.

Le grain ramolli, gonflé et blanchi est lavé à l'eau pure dans la cuve même, puis on ouvre le trou d'homme qui se trouve à la partie inférieure de chaque cuve et le grain tombe dans un conduit horizontal. Une nouvelle vis d'Archimède le conduit dans une trémie, d'où il est repris par une chaîne à godets qui l'amène à portée d'un conduit débouchant dans le broyeur.

Broyage

Le broyeur peut être formé d'une paire de meules ou de cylindres ; en France, on se sert beaucoup d'un appareil spécial dû à M. Camus, et qui est le *pulpe-engine*.

Cet appareil se compose (fig. 80, 81 et 82) d'une meule B en fonte de 80 m/m d'épaisseur, calée sur un arbre horizontal F. Cette meule, faisant environ 300 tours par minute, tourne dans une boîte en fonte dont les fonds reçoivent les deux meules fixes A et C. La meule A est fixée au fond de la boîte, qui repose elle-même d'une manière invariable sur le bâti à l'aide de quatre boulons de chaque côté, tandis que la meule C est fixée à l'autre fond qui peut recevoir un mouvement de déplacement longitudinal, à l'aide d'une vis sans fin commandée par les volants G. La matière à traiter est introduite dans l'appareil par le tuyau D et en sort par le tuyau E. Le mouvement de rotation est communiqué à l'arbre F au moyen de la poulie fixe P ; la poulie P′ sert à recevoir la commande lorsque le travail doit être interrompu.

Cela posé, le maïs entre par le centre du plateau C, l'intervalle *h l* entre ce plateau et le plateau mobile B ayant été fixé préalablement d'après la grosseur du grain ; puis, au fur et à mesure qu'il s'éloigne du centre, en vertu de la pression qui le refoule et de la force centrifuge, il trouve un espace de plus en plus réduit entre ces plateaux, et en sort après avoir franchi l'écartement *m n* ménagé sur leurs bords.

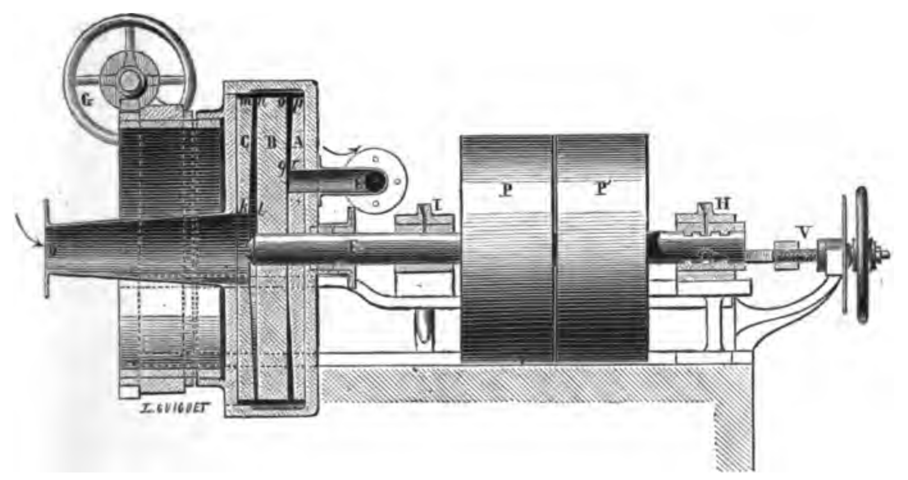


Fig. 80. — Pulpe-engine de M. Camus, coupe longitudinale.

Continuant sa route, il s'engage alors entre l'autre face de la meule mobile et la face de la meule A, par un intervalle *o p* que l'on a réglé au moyen de la vis V. Cette vis agit sur le palier H, dont le coussinet est muni de rainures de blutée, pour permettre l'entraînement longitudinal de l'arbre F et, par suite, de la meule B qui est fixée sur cet arbre.

La forme du vide entre ces deux meules est opposée à celle qui existe entre les deux sorties E, de telle sorte que le maïs continue à être broyé de plus en plus, jusqu'à ce qu'il soit arrivé au degré de finesse qui lui permette de franchir l'espace

q r et de s'échapper pour se rendre aux tamis, comme nous l'indiquerons tout à l'heure.

Si l'on se rend compte que la meule C fixe porte 500 lames d'acier, ainsi que la face correspondante de la meule B, et que la meule A porte 300 lames, comme la face correspondante de la meule B, on comprendra que l'effet du broyage doit être considérable ; de plus, la saillie des lames d'acier sur la fonte, qui est de 4 m/m en *k*, n'est que de 2 m/m en *m*, et de 2 m/m en *o*, nulle en *q*, de telle sorte qu'aucune particule ne puisse s'échapper en suivant l'intervalle compris entre les lames, puisque cet intervalle va en diminuant graduellement jusqu'en *o*.

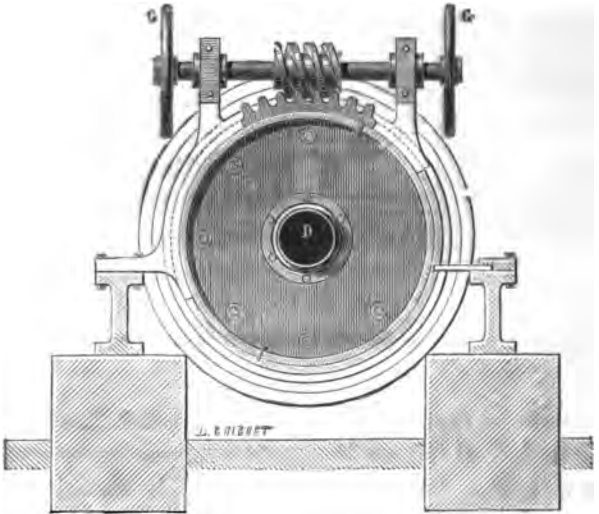


Fig. 81. — Pulpe-engine. — Moitié supérieure du plateau de sortie — A. Moitié inférieure du plateau C.

L'espace nécessaire à l'installation du pulpe engine est de 2 mètres de longueur sur 1m,20 de largeur. Le poids de l'appareil est d'environ 2.300 kilogrammes. On lui donne une vitesse de 300 tours par minute, la poulie motrice a 0m,570 de

diamètre. L'usure des lames est à peine de 1 millimètre par an.

Ce qui caractérise tout spécialement cet appareil, c'est l'inclinaison des lames d'acier sur les plateaux qui permet un travail graduel, la fixité absolue de la meule tournante qui ne peut se déplacer latéralement en cours de travail, ni laisser passer ainsi les particules inattaquées, son excessive rigidité due à son épaisseur, et enfin l'énorme quantité de lames d'acier qui sont intercalées dans la fonte lors de la fusion.

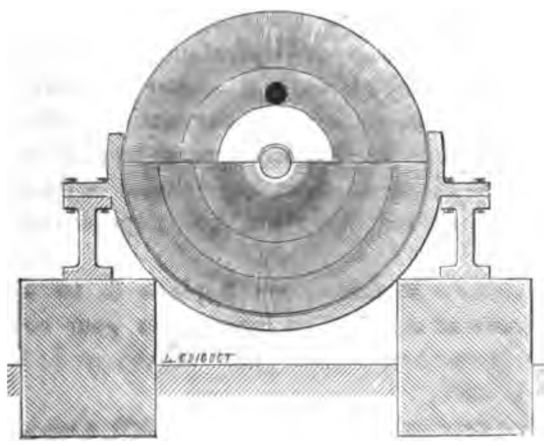


Fig. 82. — Pulpe-engine. — Coupe transversale du pulpe-engine.

La précision du réglage de l'écartement des trois meules ou plateaux est telle que l'on obtient facilement le degré de finesse que l'on désire, d'une manière tout à fait mathématique, laissant loin en arrière, comme perfection de travail, les meilleures meules.

On peut encore opérer le broyage en deux fois ; dans ce cas, le grain concassé à l'aide du broyeur Camus est mélangé de dix fois son volume d'eau, puis passé dans deux paires de meules ordinaires. Un broyeur pour deux paires de meules,

doit produire théoriquement 500 kilogrammes à l'heure, mais en pratique on n'atteint jamais ce chiffre. Au sortir des meules la mouture doit être très fine et l'on ne doit pas sentir de grumeaux sous les doigts.

Extraction de l'amidon

Au sortir du tamis, la matière ne doit pas peser plus de 3,50° B. On coule alors sur les plans.

C'est dans cette phase de l'opération que l'on observe le mieux si la mouture a été assez fine pour déchirer complètement les cellules qui renferment l'amidon ; si elle a été parfaite, l'amidon non mis à découvert se trouve englobé par les gras qui soutiennent alors ces cellules à la surface du coulage. Dans ce cas, l'amidon qui dépose reste mou et léger.

Sur un plan de 30 mètres, ou 3 plans de 10 mètres sur $0^m,30$ de hauteur et $0^m,60$ de largeur, on peut couler, dans l'espace de quatre heures, la matière provenant de 1.000 kilogrammes de maïs.

On obtient un rendement de 76 à 96 0/0 d'amidon vert à environ 40 0/0 d'eau.

A la suite des plans se trouvent des citernes pour recueillir les gras et l'eau glutinée qui sont envoyés par des pompes à la fabrication des tourteaux.

La pente des plans doit être très faible. Certaines usines ont adopté une pente de $0^m,04$ pour une longueur de 30 mètres.

Enfin, l'amidon recueilli sur les plans est délayé de nouveau dans l'eau et coulé une deuxième fois sur les plans avant d'être livré au commerce à l'état vert sous le nom de *fécule de maïs.*

On peut substituer aux plans la turbine. Dans ce cas, le traitement est bien plus rapide. Voici le mode de procéder :

La mouture, après avoir été décantée et agitée suffisamment dans l'eau, doit avoir une densité de 18°. On la fait passer par l'appareil centrifuge. On retire par ce premier turbinage la plus grande quantité du gras. Un deuxième turbinage à 18°B. permet d'en retirer encore une assez grande quantité. Enfin, par un troisième turbinage à 23° B. on élimine les dernières traces de gras. La turbine employée est celle de la maison F. Dehaître, décrite page 141.

Tamisage

Le produit de la mouture est envoyé dans une série de tamis métalliques n° 80, puis dans un tamis de soie n° 180. Le premier tamis retient les gros sons et le second les sons plus fins. Ces sons sont envoyés ensemble dans les appareils servant à la fabrication des tourteaux, ou bien ils sont livrés au commerce à l'état humide pour l'engraissement du bétail.

L'arrosage des tamis doit se faire avec une grande régularité, de manière qu'en sortant des tamis la matière ne pèse pas plus de 3° à 4° B.

Après avoir traversé le tamis, le liquide amylacé s'écoule dans une citerne d'où une pompe centrifuge l'envoie dans des cuves munies d'agitateurs et de décanteurs ; le mélange y est soumis à l'agitation pendant deux heures, puis on laisse déposer. Si l'on veut activer le dépôt, on ajoute 1 litre d'acide sulfurique par 1.000 litres de matière, cet acide ayant la propriété de rendre plus fluides les *gras* d'amidon.

Lorsque ce dépôt est suffisamment formé, on décante l'eau qui surnage, on en ajoute de nouvelle, de manière à avoir une

densité de 8° B. au maximum, et on agite. On fait ensuite passer le liquide amylacé dans un tamis n° 180 ou 200, qui doit diviser une dernière fois, ouvrir complètement et désagréger les grumeaux d'amidon.

Dessiccation de l'amidon

Lorsqu'on veut fabriquer de l'amidon sec en aiguilles, le mode de procéder diffère légèrement de celui que nous venons d'indiquer. Au sortir des tamis, l'amidon est envoyé comme ci-dessus dans une cuve à agitateur.

On y ajoute de la soude caustique à 2° B. au maximum, de manière à n'en avoir que 1 0/0 de la quantité de grains broyés. On agite pendant plusieurs heures et on laisse déposer.

Sous l'influence de la soude caustique, le gluten se sépare complètement de l'amidon et forme avec la soude un composé soluble qui est le glutinate de soude.

On l'élimine par décantation et on substitue au travail des plans les appareils centrifuges.

Pour obtenir l'amidon complètement pur, on lui fait subir trois turbinages consécutifs : deux à un degré Baumé variable suivant la qualité et la nature du grain employé, mais qui ne doit pas dépasser 18° B. Le troisième se fera à 20 — 24° B.

Brossage. — Entre deux turbinages, on fait passer la matière dans un appareil spécial garni de brosses en crin, frottant sur une toile métallique, de manière à diviser complètement les petits grumeaux d'amidon, formés par l'action de la soude, de même que les grumeaux de chaux que la soude a précipités et qui sont d'autant plus nombreux que l'eau est plus calcaire.

Fabrication des pains. — L'amidon, toujours légèrement alcalin, est mélangé avec de l'eau jusqu'à 25° B. dans une cuve munie d'un agitateur. On ajoute, au minimum, 25 grammes de bleu d'outremer par 500 kilogrammes de matière. Il est évident que la proportion varie selon l'intensité du bleu, qui doit toujours être d'une nuance claire autant que possible.

L'amidon, délayé comme on vient de le voir, est coulé dans l'appareil à pains ou dans les bachots, puis porté à l'essuyage sur une aire en plâtre ou dans une étuve garnie de carreaux de craie. A ce moment, il contient environ 38 0/0 d'eau.

Déshydratation et mise en formes de l'amidon

La déshydratation de l'amidon et la mise en formes s'exécutent au moyen de caisses en bois (fig. 83) ayant au moins 1m,50 de long et un diamètre égal à la grosseur à donner aux blocs d'amidon. On en installe un nombre en rapport avec l'importance de la fabrique.

Le fond de ces caisses est perforé et recouvert de toiles filtrantes épousant la forme des caisses ; sur ces caisses on applique des bords de 60 à 70 centimètres de haut pour empêcher le liquide féculent de déborder. Pendant qu'on y dirige l'amidon délayé, une grande partie de l'eau s'en sépare spontanément ; une autre partie en est séparée par les secousses qu'on imprime aux caisses en les levant et les laissant retomber, opération qu'on renouvelle cinq ou six fois à trois reprises différentes. Après environ 24 heures, l'amidon est suffisamment déshydraté ; il renferme encore 42 à 44 0/0 d'eau ; on le décharge sur une table et on le divise en cubes.

Le travail avec les bachots est simple et sûr. Mais ce sys-

tème exige un grand emplacement et beaucoup de main-d'œuvre, par suite des fréquents lavages des toiles filtrantes et de la difficulté de séparer l'amidon qui occupe les angles ; les déchets sont considérables et la forme de l'amidon irrégulière.

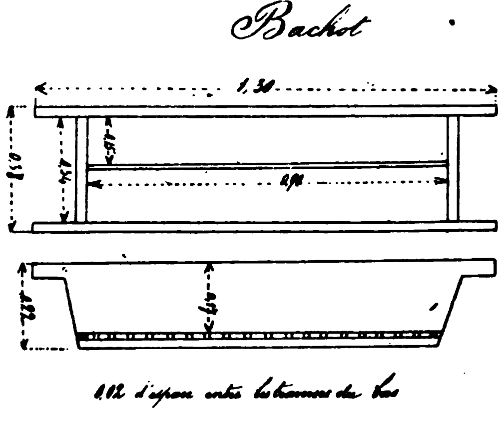


Fig. 83. — Bachot.

Étuvage

L'étuvage et la dessiccation seront décrits avec plus de détails au chapitre relatif à la fabrication de l'amidon de riz.

L'amidon ressuyé sur plâtre ou par l'emploi des appareils à succion (1), est ensuite desséché sur une aire ou dans une étuve modérément chauffée.

(1) Les appareils à succion datent d'environ 25 ans, c'est-à-dire d'une époque où l'emploi de la turbine centrifuge était à peu près inconnu en amidonnerie. Ces appareils ont été repris par Uhland en Allemagne, sans succès d'ailleurs. Ceux qui les prônent en France les opposent bravement à la turbine centrifuge et leur trouvent toutes sortes d'avantages, toujours au superlatif ! La vérité est que les appa-

Les premières étuves sont chauffées à 50°; sous l'action de la chaleur, l'amidon se dessèche et il se forme à sa surface une couche de dextrine jaunâtre. Lorsque cette couche est suffisamment sèche et écaillable, on gratte les pains de manière à former des cubes réguliers de 15 centimètres de côté.

La dessiccation à l'étuve dure au maximum 18 heures, tandis qu'à l'air la croûte met quelquefois 15 jours à se former.

Les meilleures étuves à grattage sont formées de tablettes à claire-voie, garnies de carreaux de craie de Meudon, d'au moins 10 centimètres d'épaisseur. On laisse entre chaque tablette un espace suffisant pour placer les pains d'amidon, qui ont au début jusqu'à 18 centimètres de hauteur. Les pains doivent être disposés de manière à n'être ni heurtés ni éraflés dans les manipulations.

Comme nous l'avons déjà fait observer en parlant de la fécule de pommes de terre, les étuves, chauffées de préférence à l'air chaud, doivent être construites de manière à ce qu'on puisse facilement y maintenir une température constante.

Marche de l'étuvage. — L'étuve étant chauffée à 60 — 65° au maximum, et les carreaux de craie entièrement desséchés, on y dispose les pains d'amidon dans le plus court espace de temps possible, à mesure qu'on les sort de l'appareil à pains ou des bachots. On a soin de laisser entre chaque pain un espace libre de 6 à 8 centimètres, afin de laisser à l'air chaud la plus grande facilité de circulation.

Grattage. — Après 18 heures d'étuvage, les pains sont généralement bons à être grattés. Le grattage doit être exécuté avec le plus grand soin, car plus l'amidon est pur, plus il est friable. La partie retranchée par le grattage ne doit pas dépasser

reils à succion ne sont nullement comparables au centrifuge : celui-ci a le double mérite de *déshydrater* l'amidon et de l'*épurer*, tandis que ceux-là se bornent à le déshydrater.

20 0/0 dans une fabrication normale, le roussi de l'amidon n'étant que de la dextrine insoluble dans l'eau.

Après grattage, on enveloppe les pains dans du papier jaune ou bleu, et on les place à l'étuve, en les espaçant seulement de 4 à 5 centimètres.

Les étuves à papier sont généralement construites de manière à contenir la fabrication de deux journées de travail. Le séchage peut se faire à l'air chaud, par la vapeur ou l'eau chaude. On procède de la manière suivante :

Pour obtenir de longues et belles aiguilles, il faut partir de ce principe que le séchage le plus long est le meilleur ; il dure de 10 à 15 jours, suivant la perfection du mode de ventilation et le bon fonctionnement des étuves.

Une dessiccation rapide à haute température donne naissance à des aiguilles courtes et fines.

Une dessiccation lente peut donner lieu à des fermentations. C'est surtout le début de l'opération qu'il faut surveiller avec soin pour arrêter, par une dessiccation rapide, tout commencement d'altération.

Pendant les trois ou quatre derniers jours, on élève la température jusqu'à 65° C., limite extrême.

Lorsque l'amidon est suffisamment sec, ce qu'on observe en ouvrant des pains en divers points de l'étuve, on ferme la source de chaleur et on laisse refroidir.

Les aiguilles achevées contiennent 12 0/0 d'eau, 14 0/0 à l'intérieur des pains et 8 à 9 0/0 à l'extérieur. Il n'est pas nécessaire de dessécher complètement le noyau central des pains.

Cet amidon, une fois rendu à l'air libre, attire de l'humidité, et comme il est marchand à 15 0/0 d'eau, le fabricant le conserve pendant quelque temps dans des locaux un peu humides, parfois à la cave, ou bien il l'expose en des endroits où l'air est humecté artificiellement, jusqu'à ce que l'amidon ait le degré d'eau voulu.

On obtient de l'amidon en marrons en réduisant l'amidon ressuyé et gratté en morceaux aplatis et en les séchant lentement à l'air ; on n'a pas alors de fermentations à redouter. Si l'on veut avoir de gros morceaux, on secoue fortement l'amidon dans les formes pour les tasser, ou bien encore on y ajoute avant de le délayer 1/2 0/0 de dextrine.

On obtient la poudre d'amidon par broyage et blutage de l'amidon en aiguilles ou en marrons.

Rendement du maïs en amidon

On admet généralement que 100 kilogrammes de maïs fournissent 105 kilogrammes de résidus à l'état vert.

Le rendement en amidon vert (contenant 42 à 43 0/0 d'eau) est variable suivant la richesse des grains mis en œuvre ; il varie de 76 à 82 0/0. Même avec une bonne fabrication, il n'est pas facile d'obtenir plus de 50 0/0 de rendement en amidon sec ; cependant on prétend dépasser couramment ce chiffre.

On peut compter que 100 kilogrammes de maïs fournissent dans une usine installée d'après le procédé Camus :

49 kilogrammes d'amidon ;
22 kilogrammes de farine seconde ;
15 kilogrammes de sons ;
4 kilogrammes de gluten ;
10 kilogrammes de perte.

Etuves a amidon, système Scheffter

Nous terminerons ce qui a rapport à la fabrication de l'amidon de maïs par une courte description des étuves à amidon, système Scheffter (fig. 85 et 86).

Ces étuves sont établies au-dessus d'un sous-sol assez élevé qui donne accès à la tuyauterie, on peut ainsi la déplacer ou la démonter sans déplacer les étagères. Cette disposition est avantageuse, car tout le monde sait combien sont fréquentes les fuites de vapeur même avec les tuyauteries les mieux construites.

Le règlement de l'arrivée et de l'évacuation des buées se fait de même dans cette sorte de cave dont la porte en tôle s'ouvre sur un couloir facile à éclairer par le haut, si l'étuve se trouve au-dessus du sol. Les prises d'air extérieur doivent, autant que possible, déboucher au dehors des bâtiments de l'usine, surtout pour les étuves à craie, afin de ne pas salir inutilement la surface des pains d'amidon par les poussières qu'on retrouverait ainsi dans les grattages.

L'amidon qui tombe toujours en assez grande quantité des étuves à craie, ou qui séjourne trop longtemps dans le voisinage de la tuyauterie, est également recueilli dans le sous-sol. On le soumet à un nouveau lavage, ou bien on le vend directement aux fabriques de colle.

Le sous-sol est établi en pente légère et muni d'une rigole pour l'écoulement de l'eau qui pourrait provenir d'une fuite ou de tout autre accident dans les étuves.

Au niveau des portes des étuves se trouve un pont mobile en planche à claire-voie qu'on relève une fois l'étuve garnie et en marche, afin de ne pas intercepter le passage de l'air chaud.

Les étuves ainsi disposées n'ont, de fait, rien de particulier que l'élévation sur sous-sol et les doubles entrées, ce qui permet de réduire la main-d'œuvre dans la manipulation de l'amidon, la matière fabriquée devant suivre une ligne droite depuis sa mise à l'étuve jusqu'à son entrée en magasin ; on peut ainsi, pendant qu'on vide une étuve par une extrémité, commencer à la recharger par l'autre, d'où économie de temps et de combustible.

Dans le passage réservé entre les étuves à craie et à papier sont disposées des tables pour le grattage et la mise en papier. Les wagonnets chargés de grattage sont évacués par les extrémités de ce passage.

Cette disposition des étuves est un peu coûteuse comme construction, mais elle permet d'imprimer une grande rapidité au travail et d'économiser la main-d'œuvre.

Emplois de l'amidon de maïs

Un préjugé très répandu est celui que l'amidon de maïs est de qualité inférieure à celui de froment ou de riz. Cette supposition ne repose sur aucun fondement. Avec une fabrication rationnelle, appropriée à la nature du grain, l'amidon qu'on obtient du maïs ne le cède en rien à l'amidon de riz, tant sous le rapport de la blancheur que sous celui de la finesse du grain.

Ce qui prouve la justesse de cette observation, c'est que l'amidon de maïs est souvent livré au commerce comme amidon de riz.

Le seul inconvénient sérieux que les apprêteurs trouvent à l'emploi de cet amidon est qu'il est d'une densité un peu trop élevée (1.8) ; mais l'habitude est pour beaucoup dans la préférence qu'ils accordent à l'amidon du blé.

Sous forme de « Maizena », « Mondamine » ou « Corn Flour », l'amidon de maïs constitue un aliment sain, substantiel et très digestif.

M. Franklin Gent prépare avec le maïs un produit appelé *Céréaline*. A cet effet, le maïs est séché, lavé et épuré, puis cuit pendant une minute sous pression ; il est ensuite moulu, passé par des tamis, traité une seconde fois par la vapeur, puis réduit en tablettes de peu d'épaisseur, qui constituent la *Céréaline*.

Eaux glutinées

Les eaux glutinées tiennent en dissolution le glutinate de soude qui s'est formé par l'addition de soude caustique à l'eau féculente. On les traite dans une cuve par l'acide sulfurique en quantité équivalente à celle de la soude employée. Il se forme alors du sulfate de soude soluble et du gluten insoluble qu'il suffit de passer au filtre-presse pour l'obtenir suffisamment sec et propre à l'alimentation du bétail.

Fabrication de tourteaux. — Les gras d'amidon mélangés avec les sons pressés au filtre-presse ou à la presse hydraulique, puis desséchés à la touraille, de préférence à l'étuve, donnent des tourteaux dont la composition moyenne est la suivante :

Eau		12.20
Matières	ligneuses	6.90
—	grasses	7.90
—	hydrocarbonées	51.25
—	azotées	14.50
—	sels	7.25
		100.00

Production simultanée d'amidon et d'alcool de maïs. — On trouve à l'étranger des amidonneries dans lesquelles on n'extrait que 25 à 35 0/0 d'amidon du maïs; les résidus du travail sont soumis à la distillation. Il paraîtrait que ces usines obtiennent de bons résultats (1).

(1) Rappelons aussi que l'admission temporaire est accordée au maïs étranger employé à la production des alcools purs à 90° et au-dessus et des amidons destinés à l'exportation.

Pour la fabrication de l'alcool, voir notre *Traité de la Distillation* des produits agricoles et industriels.

CHAPITRE XI

FABRICATION DE L'AMIDON DE MAÏS EN AMÉRIQUE (1)

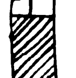
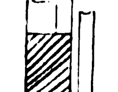
LE PROCÉDÉ PAR LES ALCALIS

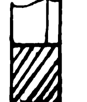
Le maïs employé en Amérique pour la fabrication de l'amidon, a la composition suivante et est connu sous le n° 4 :

Huile.	5,20 %
Hydrates de carbone (dont amidon 54,8 %).	71,22 »
Matières albuminoïdes	10,46 »
Cendres.	1,52 »
Eau	11,60 »
	100,00 »

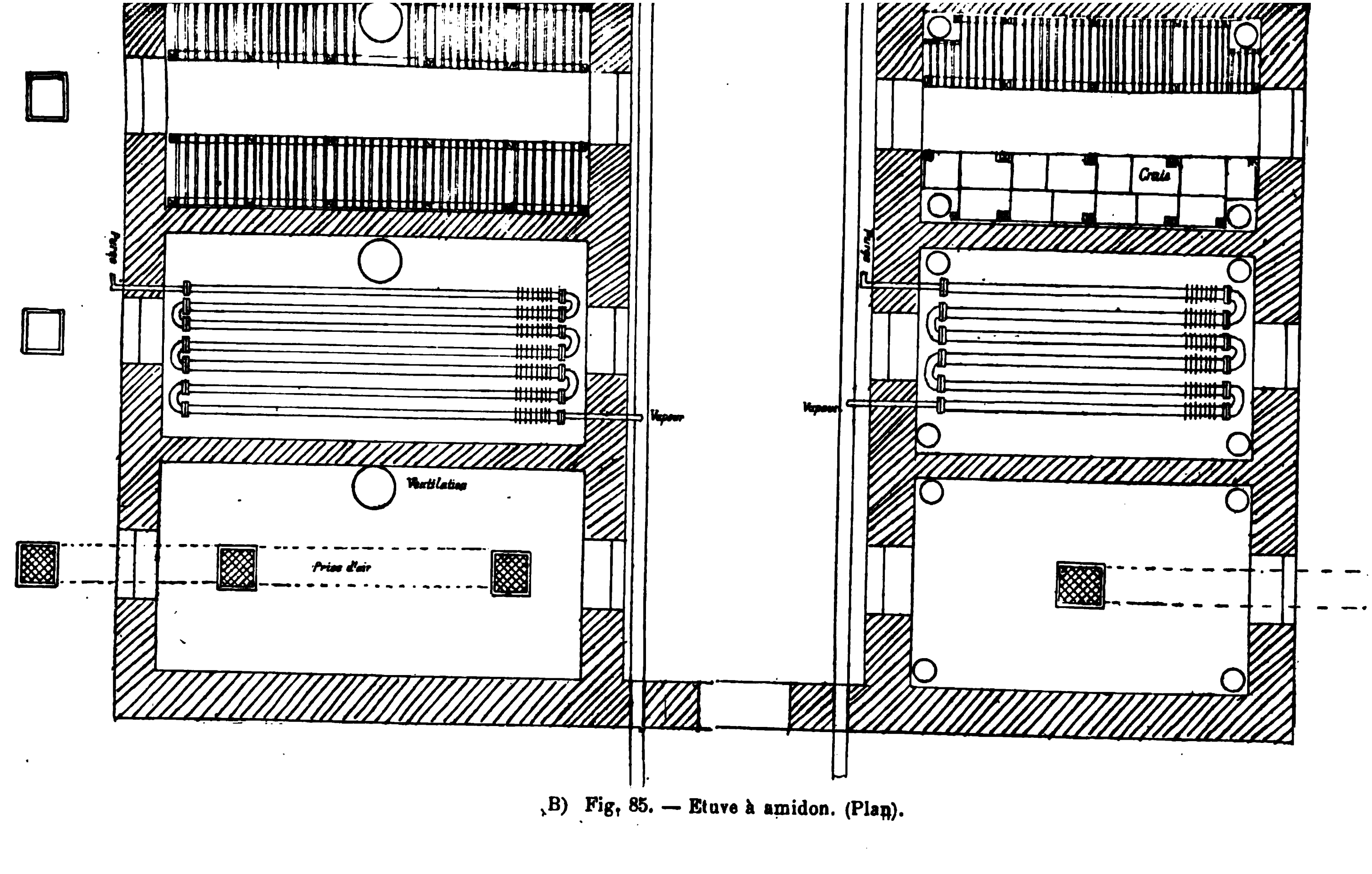
Trempe. — L'auteur attache à la trempe une importance considérable au point de vue du traitement ultérieur de l'amidon. Cette opération a pour but non seulement de faciliter l'enlèvement aussi complet que possible de l'huile et des matières minérales contenues dans les grains, mais encore de ramollir la matière azotée qui entoure l'amidon, tels que le gluten et l'albumine, de manière à ce que les produits chimiques employés (NaHO ou SO^2) puissent exercer leur action sur elle.

(1) D'après Geo Archbold, *Journ. of the Society of chemical Industry*, 1902, p. 4.



(A) Fig. 84. — Etuve d'amidon. — Vue en élévation.



B) Fig. 85. — Etuve à amidon. (Plan).

Les grains sont trempés pendant trois jours dans de l'eau chauffée à la température de 60° C. et additionnée d'une faible quantité de bisulfite de chaux, qui a pour but d'empêcher la fermentation et la formation ultérieure d'acides acétique et lactique. Mais, le bisulfite, à moins d'être ajouté en quantité aussi grande que dans le procédé de l'acide sulfureux, n'atteint nullement le but qu'on se propose, car, pour empêcher le développement des germes de fermentation et d'acidification, la liqueur qui recouvre le grain trempé doit marquer au moins 1° B., et même en ce cas les qualités antiseptiques de l'acide sulfureux ne s'exerceraient que pendant la trempe, et les organismes nuisibles se développeraient dans les autres phases du travail.

L'acide chromique ou le formaldéhyde, même employés en faibles quantités, sont bien plus énergiques et exercent une action permanente, le premier par ses propriétés oxydantes énergiques, le second par la production de matières qui empoisonnent les germes amenés par l'air. L'emploi des antiseptiques, et plus spécialement de ceux dont il est question ici, mérite de fixer l'attention des fabricants.

Les grains mis à tremper contiennent des germes producteurs d'acides acétique et lactique ; ces acides à leur tour réagissent sur le gluten et en dissolvent une partie. L'addition de bisulfite de chaux dans la trempe empêche les germes de ferments de se développer.

La mouture. — Elle s'effectue avec addition d'eau. La masse pâteuse sortant des meules contient environ 200 0/0 d'eau. Elle est dirigée avec un courant d'eau dans un bac collecteur et de là sur les premiers tamis à secousses.

Extraction de l'amidon. — A ce moment le liquide amylacé pèse en moyenne 3° B. Des tamis à secousses, on l'envoie dans les bacs coniques d'épuration (analogues à ceux qui font l'objet du brevet Uhland (Brev. français n° 302,822 du

7 août 1900) (1), tandis que le résidu resté sur les tamis (environ 38 0/0 du poids des grains) est soumis à une seconde mouture.

Des moulins, la matière est coulée sur les seconds tamis à secousses, et le liquide qui les traverse est réuni à celui obtenu au premier tamisage. Les cônes d'épuration retiennent toute la matière solide, tandis que l'eau s'en écoule d'une manière continue.

Le lait d'amidon sortant des cônes d'épuration pèse généralement 7°,5 B. ; l'eau qu'on en a séparée est écoulée aux eaux résiduaires.

En cet état la matière se rend dans des bacs mélangeurs où l'on y ajoute une solution alcaline à 3° B. de manière à lui donner une alcalinité décinormale de 43 centimètres cubes par 100 grammes d'amidon. L'alcali neutralise l'acidité du mélange et précipite une certaine proportion de matières albuminoïdes dissoutes, tandis que l'alcali en excès dissout ou émulsionne l'huile et une nouvelle portion de gluten.

Des mélangeurs ou bacs à alcali, le liquide amylacé est pompé dans des *régulateurs* où il est ramené à une densité de 3 à 3°,5 B. ; dans certains cas on y ajoute encore un peu d'alcali. Cette dilution est nécessaire pour faciliter l'écoulement uniforme de la matière sur les plans de dépôt. En coulant le liquide sur les plans on calcule que chaque fois 580 litres d'émulsion contiennent la matière soluble de 100 kilogrammes de grains, et l'amidon déposé par ces 580 litres de liquide représente le rendement total de 10C kilogrammes de grains. Le liquide doit couler sur chaque division des plans à raison de $7^{l},75$ par minute à une densité de 3°,5 B., tandis qu'à l'extrémité de chaque division l'écoulement est de $13^{l},50$ par minute, le liquide étant alors à 0°,5 B. par suite du dépôt de l'amidon en cours de route.

(1) Voir la description qui se trouve à la fin du volume.

L'amidon déposé sur les plans contient en moyenne 55 0/0 d'eau et son alcalinité est de 25 centimètres cubes par 100 grammes. Si on l'expose à l'air en été il perd la moitié de son alcalinité ; cette diminution est due à l'action des germes des ferments lactique et butyrique qui se développent aux dépens du gluten et produisent de l'acidité qui neutralise de l'alcali en formant du lactate et du butyrate de soude. La moyenne d'alcali libre et de lactate de soude est égale à environ 40 centimètres cubes d'alcali déci-normal par 100 grammes.

Des plans, l'amidon contenant 55 0/0 d'eau, avec la solution d'alcali libre, de lactate et de butyrate de soude, etc., est envoyé aux bacs mélangeurs où il est ramené à 11°-12° B., et de là aux derniers tamis secoueurs qu'il quitte à une densité de 8° B.

Il ne reste plus dès lors qu'à soumettre l'amidon à un dernier lavage dans un bac muni d'un agitateur afin d'en éliminer l'alcali libre, le lactate et le butyrate de soude qui sont écoulés aux eaux résiduaires. Après ce premier lavage on laisse déposer l'amidon, puis on le délaie dans de l'eau fraiche et lui donne une alcalinité de 25 centimètres cubes par 100 gr. Après s'être déposé de nouveau, il est coulé dans les bachots.

Il semble que même dans cette dernière phase du travail, les ferments conservent encore leur activité, car après le second lavage, le liquide perd encore $1^{cm^3},3$ de son alcalinité par 100 grammes par heure. Il est donc clair que les ferments restent actifs jusqu'à l'achèvement complet de la fabrication, c'est-à-dire jusqu'à la dessiccation de l'amidon. Mais ils ne sont pas détruits, car si on remet de l'amidon séché en suspension dans l'eau, on remarque un développement graduel d'acidité, et l'alcali libre qu'il contient n'empêche pas leur action.

L'amidon coulé dans les bachots a une densité de 11° B. et une alcalinité de $17^{cm^3},5$ par 100 grammes ; il contient alors

70 0/0 d'eau. Après avoir passé la nuit dans les bachots il n'en contient plus que 55 0/0. On le découpe alors en cubes pesant chacun $5^{kg},750$ que l'on place sur des blocs de plâtre où ils restent pendant 12 heures. Lorsque leur teneur en eau est tombée à 40-45 0/0, on les met à l'étuve où règne une température de 74° C. A mesure que les cubes sèchent, le lactate et le butyrate de soude qu'ils contiennent encore, ainsi que les matières glutineuses, exsudent à la surface extérieure des blocs où ils forment une croûte qu'on enlève par grattage. Les blocs grattés sont alors enveloppés dans du papier parcheminé et replacés à l'étuve. La durée du séchage varie de six jours à six semaines, suivant le degré de dessiccation qu'on veut atteindre.

Au moment du grattage, l'amidon a une alcalinité de 12 centimètres cubes par 100 grammes qu'il conserve définitivement s'il a été bien lavé ; dans le cas contraire, il devient presque neutre ou même légèrement acide par suite de la réaction des produits de la fermentation.

Le produit est parfois envahi par une petite mouche appelée *Muscarius amylicus*, qui meurt dès qu'elle est exposée à l'air libre. Elle dépose sur les blocs d'amidon des œufs qui se développent et forment des « magots », suivant l'expression usitée chez les Américains.

On a constaté à l'aide du microscope de nombreux développements de ce genre, mais on ignore encore s'ils sont nuisibles dans les produits alimentaires.

Quoi qu'il en soit, les grattages sont remis en suspension dans l'eau, additionnés d'alcali, coulés sur les plans, lavés dans les cuves à agitateurs ; ils forment environ 20 0/0 du produit total ; on les met en bachots, on les dessèche en leur faisant suivre les mêmes phases que ci-dessus.

Dans ce procédé il y a toujours une certaine quantité d'amidon qui, sans être perdu, n'a pas la qualité requise pour le commerce. Pour éviter cet inconvénient, il faut traiter l'ami-

don, avant de le mettre en bachots, soit par le vide, soit par l'air comprimé de façon à en extraire toutes les impuretés solubles pendant son séjour dans les bachots et à réduire sa teneur en humidité à 20-30 0/0. Dans ces conditions, il sécherait plus uniformément à l'étuve, contiendrait moins d'impuretés et on pourrait ainsi supprimer les grattages.

*
* *

Ce procédé, quoique encore employé dans beaucoup d'amidonneries des Etats-Unis tel que nous venons de le décrire, a été perfectionné par Geo Archbold comme suit :

Les germes huileux des grains sont éliminés après une trempe de douze heures, et l'huile extraite des germes est écoulée dans le commerce. Les grains broyés, exempts des germes, après traitement par l'acide sulfureux ou par quelque autre antiseptique, sont ensuite moulus et prêts pour les phases suivantes du travail. De cette manière il devient inutile de prolonger la trempe pendant trois jours et on réalise ainsi une économie de 75 0/0 sur les produits chimiques, la main-d'œuvre, etc. En outre, l'auteur emploie le vide pour effectuer la déshydratation de l'amidon, ce qui permet de supprimer les grattages et leur traitement. Les étuves sont à courant d'air sec, l'air humide étant évacué, ce qui réduit l'étuvage et la dessiccation à quelques heures.

Procédé perfectionné. — Fabrication d'amidon combinée avec la fabrication de glucose

Les grains, préalablement nettoyés, par un séparateur magnétique qui en élimine les débris de fer, clous, etc., sont versés ensuite dans de grandes cuves d'une contenance de

1000 à 2000 bushels (1) et recouverts d'eau chauffée à la température de 65° C dans laquelle on a dissous un antiseptique; ou encore on les recouvre d'une solution de SO^2 à 1° B. Au bout de douze heures on fait écouler l'eau. Les grains légèrement ramollis sont broyés dans un broyeur de construction spéciale, qui les écrase suffisamment pour faciliter le dégermage. Ensuite on sépare les germes de l'enveloppe du périsperme par lavage; les parties lourdes du grain tombent au fond du bac, tandis que les germes montent à la surface du liquide, où on les recueille. Dans une fabrique importante, ce travail exige une série de bacs ou séparateurs.

Ces appareils sont desservis par deux transporteurs distributeurs qui s'étendent au-dessus des séparateurs; ces distributeurs communiquent entre eux par leurs extrémités, la matière y circule d'une manière ininterrompue et est distribuée de même; le fond de chaque distributeur est muni d'une série d'ouvertures ou décharges qui alimentent les différents bacs ou séparateurs. Chaque compartiment à décharge est rempli complètement; si l'alimentation est trop faible, il entraîne l'arrêt du fonctionnement d'un ou de plusieurs bacs; si, au contraire, l'alimentation est trop rapide, tout excès momentané de matière est ramené en arrière et puis en avant dans le transporteur-distributeur et tenu en réserve en quelque sorte pour le moment où son alimentation vient à diminuer. Si le distributeur continue à être alimenté à l'excès, le compartiment à décharge débordera.

Dans la partie inférieure du bac tourne un agitateur en spirale dont les lames constituent en quelque sorte les éléments d'un propulseur. La marche de l'agitateur a pour effet de faire remonter vers la surface du bac les parties lourdes des grains qui se déposent au fond, et d'assurer ainsi une circulation cons-

(1) Un Bushel = 36 litres 3486.

tante de la matière. Les grains broyés sont chargés directement sur les lames de l'agitateur du bac ; l'action de l'agitateur a pour effet de détacher les germes de l'enveloppe. Les grains dégermés sont vidangés au moyen d'une pompe, tandis que les germes flottants sont ramenés, au moyen de raclettes fixées sur une chaîne, dans une nochère qui les dirige dans une machine centrifuge, de celle-ci dans un séchoir chauffé par la vapeur et enfin dans la chambre à presses pour l'extraction de l'huile; on emploie de préférence la presse Mitchell. Non seulement l'huile et les tourteaux résultant de la pression constituent des sous-produits importants par eux-mêmes, mais leur élimination des grains a pour effet d'améliorer considérablement la qualité de l'amidon dont la séparation et le raffinage exigent moins de produits chimiques SO^2 ou NaHO.

Pendant l'enlèvement des germes par le lavage, le liquide baignant les grains est maintenu à une densité de 12° B., en partie au moyen d'une solution de chlorure de calcium ; lorsque l'opération est achevée, on conserve ce liquide dans un bac spécial pour le remployer dans une seconde opération, ensuite on l'écoule aux eaux résiduaires.

Les grains broyés et dégermés sont amenés aux moulins pour y être moulus, puis ils passent par les mêmes phases que dans le procédé décrit plus haut en vue de l'extraction de l'amidon. On peut employer des alcalis ou SO^2 dans tout le cours du travail, suivant qu'on veut obtenir de l'amidon alcalin ou acide.

Après les opérations habituelles de déposage et de lavage, l'amidon est coulé dans les bachots disposés côte à côte dans une sorte de bassin rectangulaire relié avec une chambre où l'on fait le vide au moyen d'une pompe puissante. On élimine ainsi rapidement l'eau retenue par l'amidon dans les bachots. L'amidon retiré de ces derniers est découpé en blocs de sept pouces qu'on place immédiatement à l'étuve. Si l'on fabrique

de la glucose, on envoie le liquide laiteux directement des laveurs à l'atelier à glucose pour sa mise en œuvre.

Avec ce procédé, une fabrication complète exige 10 jours, à partir de la trempe des grains jusqu'à l'emballage de l'amidon. Mais d'après de nouvelles expériences faites avec certaines modifications, la trempe et le dégermage peuvent être exécutés en 10 heures, tandis que l'amidon et les sous-produits peuvent être prêts à être mis dans le commerce au bout de 48 heures, et la glucose au bout de 36 heures.

L'auteur termine son rapport par l'énumération complète des appareils requis pour une installation d'une puissance de 1.000 bushels par journée de 10 heures, dont la moitié est transformée en amidon, l'autre moitié en glucose.

Plan d'installation d'une fabrique d'amidon et de glucose pour un travail de 1.000 bushels par jour.

Vapeur

Chaudières. — L'installation exige trois chaudières verticales d'une puissance de 100 chevaux chacune, munies de niveau d'eau, de barreaux de grille, avec tirage par le bas de manière à brûler n'importe quel combustible. Les bouilleurs sont fournis avec un jeu de tube de rechange, réservoir alimentaire, pompe d'alimentation du type duplex.

Un bassin d'eau chaude, relié avec la pompe, destiné à recevoir l'eau chaude de l'atelier à glucose.

Réchauffeur. — Pour avoir de l'eau d'alimentation dans les meilleures conditions, on place un réchauffeur entre la pompe et les chaudières.

Moteur. — Il doit avoir un piston de 16 pouces de diamètre, 42 de course et développer 150 chevaux avec 41 kilogrammes de vapeur. Il doit être de construction soignée ; le volant doit être proportionné à la puissance, être muni d'une soupape d'arrêt de la vapeur, avec graisseur latéral sur le cylindre et les glissières.

Dispositifs pour grains entiers

Séparateur magnétique. — Construction modèle, actionnée par courroie montée sur la transmission principale, d'une puissance de 200 bushels par heure.

Elévateur. — De hauteur suffisante, type à augets assez grands pour pouvoir élever 200 bushels par heure en parcourant une longueur de 70 pieds, les déchargeant dans une trémie qui les distribue aux cuves à tremper.

Trempoirs

Ils se composent de 6 bacs de 12 pieds de diamètre et 14 pieds de profondeur, et sont en pitchpin de 2 pouces de diamètre, munis de cercles d'acier en nombre suffisant de manière à assurer une étanchéité parfaite.

Élévateur et transporteur de grains trempés

Les grains sont déchargés des trempoirs sur une courroie horizontale qui les déverse dans la coquille d'un élévateur ; celui-ci les déverse dans un distributeur qui les envoie aux moulins broyeurs.

Dégermage

Le broyage des grains a pour but de séparer les germes des grains.

Dégermeur. — Les grains broyés sont déchargés dans le dégermeur où un courant d'eau enlève les germes et les élimine de l'appareil. Les grains sont chargés dans un caniveau qui les conduit sur les tamis.

Tamis. — Dans ces tamis les grains broyés abandonnent la partie de l'amidon qu'on peut en extraire en l'état où ils se trouvent ; ceux-ci sont ensuite chargés dans la trémie d'un élévateur spécial pour grains humides.

Extraction de l'huile des germes

Les germes sortant du dégermeur sont dirigés dans un séchoir à vapeur qui les débarrasse de l'eau qu'ils contiennent.

Broyage des germes. — Les germes bien secs sont broyés finement, condition nécessaire pour qu'ils cèdent l'huile par la pression. La pâte résultant du broyage est placée dans le chauffoir, réduite en galettes dans une presse préparatoire, puis pressée dans une presse hydraulique à 16 compartiments.

Accumulateur et pompe. — L'emploi de l'accumulateur permet de donner une pression plus forte que celle donnée par la presse seule ; l'huile extraite est dirigée dans un réservoir, en passant par un filtre. Les tourteaux sont parés et emmagasinés. Il serait bon d'installer également un appareil pour nettoyer les germes avant leur dessiccation. L'installation de l'huilerie doit avoir une capacité d'environ 2500 bushels par journée de 20 heures.

Première et deuxième moutures

Les grains sortant du dégermeur sont élevés dans 2 moulins à meules de 42 pouces, spécialement construits pour effectuer la mouture des grains humides. La farine ainsi obtenue est reçue dans un réservoir en tôle d'acier et de là elle est élevée dans deux bacs hauts de 8 pieds et large de 8 pieds, construits sur le même type général que les autres. Ces bacs sont munis chacun d'un agitateur à arbre vertical actionné par poulie et transmission. L'eau amylacée est dirigée de ces bacs dans 12 tamis secoueurs.

Tamis secoueurs. — Ils se composent de cadres en bois, longs de 9 pieds, larges de 4, en bois joint, recouverts d'un tamis de soie n° 10 de matière de première qualité; la liqueur qui passe à travers les mailles est reçue dans un réservoir situé au-dessous et la matière solide qui s'y dépose est conduite dans une autre direction pour être soumise à une seconde mouture. Les tamis sont animés d'un mouvement de vibration au moyen d'un excentrique monté sur l'arbre, les secoueurs étant montés eux-mêmes sur des *sprains* en noyer de manière à donner des secousses rapides, mais très douces.

Cones de déposage en acier

Ces récipients coniques sont au nombre de dix; leur diamètre intérieur est de 10 pieds. Ils sont faits en tôle d'acier de 1/4 de pouce, rivés proprement et calfatés, munis d'une soupape de vidange manœuvrée à la main à l'aide d'un volant, et d'un tuyau d'alimentation qui envoie le liquide à 4 pieds au-dessous du fond du cône.

Laveur

Le liquide féculent épais venant des cônes de déposage est reçu dans une auge de bois, et de là il est envoyé dans un laveur en acier (Hell Well) ayant un diamètre de 6 pieds, une hauteur de 6 pieds, construit en tôle d'acier de 1/4 de pouce.

Pompe et bacs mélangeurs

Pompe. — Le liquide féculent est élevé au moyen d'une pompe dans les bacs mélangeurs. Ces bacs sont en bois, au nombre de quatre ; ils sont munis d'agitateurs. Le liquide féculent est pompé de ces bacs dans des bacs collecteurs dits régulateurs.

Bacs collecteurs dits régulateurs

Ces bacs sont au nombre de quatre ; ils ont un diamètre de 10 pieds et une profondeur de 8 pieds ; ils sont munis d'agitateurs destinés à maintenir l'amidon en suspension dans l'eau, pour le déverser ensuite sur les plans.

Plans inclinés. — Ces plans se composent de 16 sections, ayant chacune 120 pieds de long ; ils sont établis de façon à ce que chaque section ait 3 rigoles de 18 pouces de large, et une pente de 3/8 de pouce par 12 pieds.

Transporteurs. — Ils sont au nombre de 5 et destinés à transporter l'amidon déposé sur les plans et à le répartir dans les bacs mélangeurs.

Bacs mélangeurs (Breakers). — Ils se composent de 4 bacs,

et ont 10 pieds de diamètre et 8 pieds de profondeur, mesurés intérieurement ; ils sont en bois de pin de 2 pouces d'épaisseur, cerclés de fer, et munis d'agitateurs comme les autres appareils de ce genre.

Deuxièmes tamis secoueurs. — L'amidon venant des bacs mélangeurs est versé sur les tamis secoueurs, dont la construction est la même que pour ceux déjà mentionnés plus haut.

Deuxièmes cuves de déposage. — Elles sont en bois, ont un diamètre de 10 pieds, une profondeur de 10 pieds, et sont en bois de pin de 1 1/2 pouce. A différentes hauteurs se trouvent des robinets qui permettent de soutirer l'eau sale à mesure que l'amidon se dépose.

Pompe. — A cette période de l'opération, la moitié du liquide féculent est envoyé aux bachots, l'autre moitié à la glucoserie. Nous continuerons à suivre l'amidon.

Bachots. — Le liquide féculent épais, purifié, est reçu dans 400 caisses mesurant chacune 7 pouces × 7 pouces × 5 pieds 7 pouces 1/2 de long, mesure intérieure, en bois de pin de 7/8 pouces. Elles sont légèrement inclinées par les côtés, et à fond perforé pour laisser écouler l'eau.

Chambre à vide. — Elle est montée sur une table sur laquelle on pose les bachots dont on extrait l'eau au moyen d'une pompe à vide.

Table de manutention. — L'amidon des bachots étant solidifié, on les vide sur une table et les prépare pour les chariots qui les conduisent à l'étuve.

Etuves. — Elles se composent de 8 chambres à 8 pieds de haut, 8 de large et 44 de long, en nuers de 2 pouces bien joints. Les portes s'ouvrent vers l'extérieur et ferment hermétiquement. La dessiccation se fait par l'air chaud, au moyen d'un puissant ventilateur mû par un moteur spécial, qui envoie l'air par-dessus un système de tuyaux chauffés à la vapeur ; l'air chaud s'échappe par le sommet de l'étuve et fait

monter l'air humide du bas ; toutes les ouvertures sont munies de registres qui permettent de régler la ventilation. Chaque chambre comporte un petit chemin de fer relié à la ligne principale au moyen de plaques tournantes qui permettent aux wagonnets de pénétrer directement au séchoir pour y déposer l'amidon. Les wagonnets sont montés sur quatre roues en acier et portent des coquilles destinées à recevoir les blocs d'amidon.

Fabrication de la glucose

Saccharificateurs ouverts.—Pour saccharifier l'eau féculente venant des bacs de déposage, on emploie deux cuves ouvertes en bois, de 5 pieds 9 pouces de diamètre, 8 pieds 9 pouces de profondeur, cerclées de fer et doublées de cuivre à l'intérieur, munies d'un serpentin de chauffage en cuivre et d'un agitateur.

Saccharificateurs fermés. — Ce sont deux cylindres de cuivre de 5 pieds de diamètre et 12 pieds de profondeur, fermés aux deux extrémités qui sont en cuivre de 1/2 pouce d'épaisseur, tandis que les parois sont de 3/8 pouce d'épaisseur. Ils sont munis d'ouvertures de chargement et de vidange de liquide et de vapeur, d'un serpentin de chauffage en cuivre, et de condensation, de soupape de sûreté et de manomètre indicateur de la pression.

Filtres à poche. — Ils sont du type du filtre Taylor. Ils sont en plaques de fonte jointes pour former un récipient et munis de garnitures pour fixer la toile filtrante ; ils peuvent filtrer 10.000 gallons de liquide en 10 heures.

Filtration sur le noir animal. — L'installation comprend quatre filtres en fonte, de quatre pieds de diamètre et dix-huit pieds de long, munis de dispositifs d'entrée des liquides, d'eau de lavage, de vapeur et de vidange. Le filtre est muni d'un

faux fond garni de toile filtrante. Pour garnir les filtres de charbon et les vider, ceux-ci sont munis d'un trou d'homme au sommet et à la base, fermé par un tampon qui assure l'étanchéité.

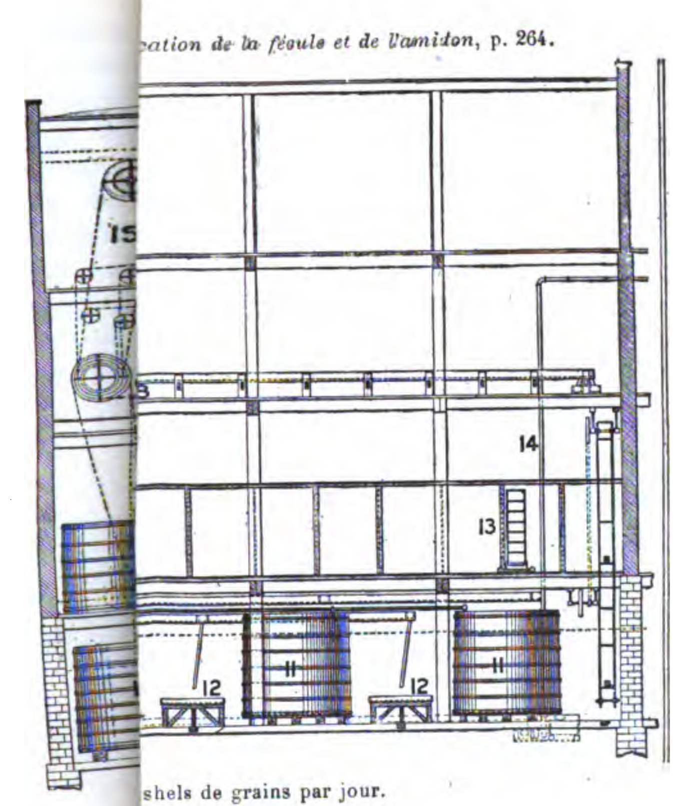
Fours à revivifier le noir. — Pour calciner le noir usé, on emploie un four en fonte capable de revivifier 10.000 livres de noir en vingt-quatre heures. Il est supporté par des colonnes en fonte, muni de lames d'acier, des plaques d'un foyer et d'un dispositif de déchargement ; on l'installe sur le côté du bâtiment.

Elévateurs. — L'installation comporte un élévateur de noir sec qui enlève le noir du four et le déverse dans un récipient qui alimente les quatre filtres. Le noir humide venant des filtres est élevé à l'étage des fours à revivifier et est réparti dans ces derniers.

Concentration. — Pour concentrer le liquide dilué jusqu'à la densité de 23-25° B., on emploie un triple effet du type Lillie, d'une capacité suffisante pour un travail de dix heures; il est construit en tôle d'acier, et muni de tous les organes que comporte un appareil de ce genre pour le travail dans le vide. Pour produire le vide, on emploie une pompe à vide, deux pompes à eau douce et une pompe pour le liquide saccharifié. En un mot, l'installation de la glucoserie est absolument indépendante du reste de l'usine.

Appareil à cuire dans le vide. — Il est en cuivre, à 5-6 pieds de diamètre et 5 pieds de profondeur, à fond concave, et comprend un dôme ou condenseur, en un mot tout le nécessaire pour un appareil de ce genre.

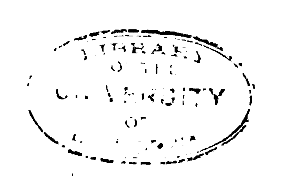
Le chauffage de cet appareil se fait au moyen de serpentins en cuivre de 2 pouces et demi et sans soudure, maintenus en position par des épaulements boulonnés dans l'intérieur de l'appareil. Tous les boulons sont de métal Muntz. L'appareil est monté sur quatre colonnes de façon à reposer sur les poutres du plancher du bâtiment.



…shels de grains par jour.

…ler les blocs d'amidon.
…nt le lait d'amidon à la glucoserie.

…ue.
…mentant les trempoirs.



Section des résidus secs. — Les résidus qu'on a retirés des tamis-secoueurs sont amenés par un transporteur dans un filtre-presse spécial, qui les débarrasse d'une grande partie de leur eau, ce qui facilite leur dessiccation ultérieure.

Séchoir à vapeur. — Il est de forme circulaire et disposé de façon à recevoir du transporteur les résidus humides qui y sont séchés par l'air chaud et la vapeur. A la sortie de cet appareil, les résidus sont emballés pour être livrés au commerce. Cet appareil est en acier et est desservi par la transmission, muni d'un dispositif nécessaire pour renouveler les surfaces et diviser finement les particules des résidus.

CHAPITRE XII

FABRICATION DE L'AMIDON DE RIZ

Le riz

Le riz (*Oriza sativa*) est, comme tout le monde sait, une céréale qui végète plus particulièrement dans les pays chauds et humides ; il est plus riche en amidon que les autres céréales et constitue dès lors une matière première excellente pour la fabrication de l'amidon, surtout dans les pays qui le produisent.

La composition du riz est la suivante :

	Payen	Boussaingault
Amidon.	89.15	76.00
Dextrine.	1.00	
Matières azotées.	7.05	7.80
— grasses.	0.80	0.50
Cellulose	1.10	0.90
Matières minérales.	0.90	0 50
Eau	»	14.30
	100.00	100.00

Pour la fabrication de l'amidon, on emploie plus particulièrement les brisures de riz, c'est-à-dire les petits grains de riz brisés qui constituent le déchet de la décortication et du polissage du riz, des grains qui n'étant par conséquent que des fractions de la partie intérieure du grain, sont très riches en

amidon, car dans le grain entier, la protéine et la matière grasse se trouvent principalement dans la pellicule argentée.

Si le riz non décortiqué renferme 72 — 75 0/0 d'amidon, l'intérieur du grain en renferme 75 — 80 0/0 ; d'un autre côté, la farine de riz résultant principalement de la pellicule argentée, renferme jusqu'à 14 0/0 de matière grasse et 14 0/0 de protéine.

On estime ordinairement que le riz en paille donne par 100 kilogrammes environ :

20 à 25 0/0 de déchet.

25 0/0 de brisures.

50 à 60 0/0 de riz en grains blancs et entiers.

Ces chiffres sont adoptés par les décortiqueurs de Bordeaux, Nantes et de l'Indo-Chine.

Le petit tableau suivant montre les différences de composition des brisures de riz de différentes provenances, et fait voir combien il est important de n'acheter les grains que sur analyse pour se rendre compte du rendement que l'on peut en attendre.

	Riz des Indes orientales			Riz russe	Riz égypt.	Riz persan
Eau	12.10	13.20	13.23	12.70	11.84	10.80
Amidon	76.25	73.90	77.44	75.81	78.30	73.20
Protéine	8 95	8 79	6.87	7.94	6.70	11.21
Matière grasse	0.42	8.71	0.35	0 40	»	0.75
Sucre et dextrine	0.86	1.20	0.95	1.21	»	1.45
Matière fibreuse	0 32	0.40	0.36	0.44	»	0.81
Cendres	1.10	1.80	0.85	1.45	1.16	1.78

Dans la fabrication de l'amidon de riz, la teneur en amidon des grains n'entre pas seule en compte ; il faut encore examiner si l'amidon est de bonne qualité, s'il se convertit facilement en empois, connaître sa teneur en protéine soluble et

insoluble en solution diluée. Plus il renferme de protéine soluble, meilleur il est, et plus le rendement sera élevé. Schreib estime que chaque fois 1 0/0 de protéine représente 1 0/0 d'amidon non extractible.

Partant de ces principes, Berger conseille de soumettre les brisures de riz aux essais suivants pour juger de leur valeur au point de vue de la fabrication de l'amidon :

1° Dosage de l'amidon total, c'est-à-dire de l'amidon, du sucre, de la dextrine (d'après Lintner), et déduction de 1,2 0/0 représentant le sucre et la dextrine, dont la teneur est généralement assez constante ;

2° Dosage de la protéine totale, d'après la méthode connue pour le dosage de l'azote et multiplication par 6,25.

3° Dosage de la protéine soluble par lavage d'un poids connu de riz dans une solution de soude de 1° B., précipitation de la protéine dans la solution par un acide, ou dosage de l'azote dans le résidu et déduction de la protéine totale.

4° On essaie la qualité de l'amidon en broyant le riz épuisé par la lessive de soude, reprenant la farine avec une nouvelle lessive diluée, faisant passer par un tamis de soie fin et débarrassant le liquide amylacé obtenu du gluten à l'aide d'un petit appareil centrifuge de laboratoire. On soumet à la cuisson dans 100 centimètres cubes d'eau 6 grammes de l'amidon obtenu pour en faire un empois dont on examine la consistance. Par là, on reconnaît en même temps si le riz a été avarié par l'humidité.

La trempe du riz

La séparation de l'amidon et des matières protéiques du riz présente des difficultés beaucoup plus grandes que lorsqu'il s'agit du froment, par exemple, avec lequel cette séparation

s'effectue soit par simple fermentation, soit par lavage. La protéine du riz, en effet, est d'une nature particulière ; de plus elle est répartie très finement dans le grain, que la fermentation ne parvient que difficilement à ramollir. Aussi, tous les procédés de fermentation qui ont été proposés pour ce traitement ont échoué. On a eu recours aussi, il y a déjà longtemps, à l'emploi des produits chimiques sans lesquels l'amidonnerie de riz n'aurait jamais pris les développements actuels. Ce fut Orlando Jones qui, dès 1840, préconisa l'emploi de la lessive de soude. Ce procédé s'est maintenu jusqu'à nos jours et est d'une application générale. On a bien recommandé dans le même but l'acide sulfureux liquide, mais cet acide ne peut remplacer la lessive de soude. Par contre, son emploi est bien recommandable pour le blanchiment de l'amidon.

Le rôle principal de la soude est de ramollir le riz et de le préparer ainsi pour la mouture. La soude dissout une grande partie de la protéine qui se trouve finement répartie dans toute la masse du grain ; en même temps celui-ci est ramolli et se laisse moudre avec facilité. En second lieu, la soude constitue un agent de séparation, en dissolvant le gluten qu'on sépare ensuite de l'amidon par voie chimique. Cette action de la soude est d'un grand secours dans l'amidonnerie de riz ; malheureusement, il y a des fabricants qui n'ont jamais su le comprendre : pour ceux-ci la soude est simplement un moyen de ramollir les grains, et rien de plus. Nous reviendrons sur ce point.

La lessive de soude employée dans la trempe des grains pèse généralement 0,3 à 0,5 0/0 d'hydrate de soude (1).

(1) Hanemann, ancien directeur d'une grande amidonnerie de riz, fait à ce sujet les remarques suivantes : La concentration de la lessive de soude employée pour la trempe varie suivant le procédé, l'époque de l'année et la qualité du riz mis en œuvre. Il circule sur ce sujet un grand nombre de données fausses. En appliquant le procédé par sou-

La grandeur et la forme des récipients de trempe peuvent varier ; on leur donne généralement la forme rectangulaire et une capacité qui varie de 4 à 5 mètres cubes. Ces récipients sont en bois ou en ciment ; le métal n'est guère employé. Dans telle usine les récipients ont 4 à 5 mètres de long, 1 mètre à $1^m,50$ de large et 1 mètre de haut. Ils contiennent un faux fond perforé au-dessus duquel est réservé un vide de $0^m,70$. On y verse le maïs à l'état sec, en couche de $0^m,40$; la trempe le fait gonfler au point qu'il atteint une hauteur de $0^m,60$.

L'opération de la trempe est généralement exécutée d'une manière encore primitive. On laisse le riz en contact avec la première lessive pendant dix-huit heures environ, en agitant de temps en temps. Ensuite on soutire la lessive, on la remplace par une lessive nouvelle et laisse encore en contact pendant douze heures ; on prolonge parfois les deux périodes. A l'achèvement de la trempe, le grain doit être ramolli au point de se laisser écraser facilement entre les doigts ; on le soumet ensuite à la mouture. La lessive qui a servi à la trempe tient en suspension des particules de riz entraînées mécaniquement : on la laisse déposer, on décante ensuite le liquide clair, et on précipite par un acide le gluten qu'il tient en dissolution.

Telle est la marche actuellement suivie dans la trempe, qui constitue une des phases les plus importantes de la fabrication. Ce rôle n'est pas compris de certains fabricants qui considèrent la trempe comme une opération très secondaire. Il en

tirages, on emploie en hiver une lessive dont 50 centimètres cubes sont neutralisés par $2^{cm^3},5$ d'acide sulfurique (49 grammes d'acide sulfurique pur dilués dans un litre d'eau). En été la lessive doit être plus forte, sans pourtant dépasser l'équivalent de $3^{cm^3},5$ de solution acide. Quand on emploie le centrifuge, la lessive doit être plus forte et correspondre à $5^{cm^3},7$ d'acide. On doit travailler autant que possible avec des lessives froides afin d'éviter les fermentations. L'emploi de l'ammoniaque, de même que celui de l'eau de chaux et du sulfite neutre de soude recommandé par Wildsmith, est à éviter.

résulte souvent de grandes pertes en cours de fabrication : on a des fermentations défectueuses, de faibles rendements en amidon de mauvaise qualité. La cause en est non seulement dans l'application inintelligente du procédé, mais encore dans le procédé lui-même.

Berger propose d'y apporter quelques modifications.

Dans le procédé de trempe actuel, le riz reste en contact avec la lessive en vase ouvert et pour ainsi dire au repos complet ; c'est tout au plus si on remue la matière trois ou quatre fois. Il s'ensuit qu'on arrive tout au plus à ramollir le riz, et c'est tout. On ne parvient pas à séparer le gluten dans la mesure du possible, vu que la lessive au repos ne peut se saturer de protéine.

En outre, pendant la longue durée de la trempe en vase ouvert, la solution de soude attire de l'acide carbonique de l'air et perd ainsi la propriété de dissoudre le gluten. Souvent aussi les grains subissent une sorte de fermentation pendant la trempe. Les acides qui s'y forment (acide lactique, etc.) entravent la dissolution de la protéine, ce qui explique pourquoi la lessive, qui est capable de dissoudre 60 grammes de protéine par litre, n'en contient le plus souvent que quelques grammes après le soutirage, soit en moyenne 15 grammes par litre. Le riz trempé, envoyé au moulin, ne devrait plus contenir que 2 à 3 0/0 de protéine ; or, le plus souvent, il en contient encore 5 à 6 0/0. La majeure partie de la protéine se trouve donc retenue dans les grains, et on est obligé de l'en éliminer dans la suite des opérations, d'où nouvelle dépense de lessive et nouveau travail.

Un autre inconvénient, causé par la longue durée de la trempe, est que la fermentation à laquelle nous avons fait allusion entraîne des inconvénients dans les autres phases de la fabrication. Le premier d'entre eux se manifeste par la production d'une forte mousse à la mouture, ce qui est excessivement gênant pour la suite. Le travail au centrifuge devient difficile,

la séparation de l'amidon n'est pas nette, les blocs extraits de l'appareil ont une apparence molle ; enfin, l'amidon se dépose difficilement dans les bassins de dépôt. La protéine prend une consistance mucilagineuse, ce qui gêne beaucoup sa séparation de l'amidon dont elle retient une proportion importante.

Même si l'on réussit, par l'emploi de lessive de soude ou d'acide sulfureux, à supprimer la fermentation, celle-ci se manifeste de nouveau pendant la dessiccation de l'amidon à l'étuve ; le produit est alors envahi par des champignons.

Il est rare qu'on parvienne à se rendre compte des causes de ces accidents ; il est plus simple d'en accuser le riz. Or, la mauvaise qualité du riz peut tout au plus donner lieu à un commencement de fermentation ; mais, dans un travail bien conduit, elle ne se développe jamais au point de devenir nuisible.

Ce qu'il faut, c'est remplacer la simple trempe du riz par une lixiviation continue par la lessive de soude. Cette lixiviation doit être à courants opposés, analogue à celle pratiquée dans la diffusion en sucrerie. La marche de la lessive est alors telle que la solution presque saturée rencontre toujours du riz frais, et que le riz presque épuisé reçoit finalement de la lessive fraîche.

Pour empêcher l'absorption d'acide carbonique, il convient d'employer des récipients fermés. Un brevet pris par Stoltenhoff (1) consacre ce principe. Celui-ci propose l'emploi d'un appareil à vide pour la circulation de la lessive. Dans cette installation, la lessive serait aspirée à travers une toile filtrante qui retiendrait les particules tenues en suspension. Par là on éviterait aussi l'abandon prolongé à elle-même de la solution soutirée. Il est clair que le travail continu de la lessive permettrait d'abréger considérablement la durée de la trempe,

(1) Brevet allemand, n° 46.618 (1889).

d'économiser de la lessive et d'éviter la fermentation. En outre, on obtiendrait ainsi, dès la première phase de la fabrication, une séparation presque complète de la protéine et de l'amidon.

L'auteur estime qu'il vaudrait mieux aussi employer pour la trempe une lessive plus concentrée que jusqu'à présent. En tous cas, il faut songer à refroidir artificiellement la matière, en été du moins, car l'amidon est facilement attaqué par la lessive de soude à la faveur d'une température élevée (1). Une lessive d'environ 1,5° Baumé opère une meilleure désagrégation du riz. L'emploi d'une machine à froid permet de faire la trempe à une température uniforme pendant toute l'année.

Pour obtenir une lessive pure, il faut dissoudre la soude dans une eau pure. En employant une eau dure, contenant parfois de l'acide carbonique libre, on rend inactive une fraction correspondante de la soude. C'est pourquoi, si l'on n'a pas d'eau de condensation à sa disposition pour dissoudre la soude, l'eau doit être au préalable traitée avec de la chaux caustique pour en précipiter les carbonates.

Dans le procédé actuel de la trempe, on emploie environ 2^{m3} de lessive de soude par 1.000 kilogrammes de grains, ce qui fait à peu près 1 à 1,25 0/0 d'hydrate de soude du poids du riz.

(1) Les basses températures ne suffisent pas toujours pour éviter les fermentations ; on a observé, en effet, que les amidonneries situées dans l'extrême Nord sont aussi exposées au danger de fermentation que celles de l'Italie ou de l'Espagne.

La cause des fermentations ne réside pas nécessairement dans la longue durée de la trempe. Il s'agit de savoir au juste ce que l'on entend par la durée de la trempe. Dans beaucoup d'amidonneries, cette opération ne dure pas plus de 18 heures ; dans cet espace de temps, la dissolution de la lessive de soude est assez insignifiante. Or, aussi longtemps que la lessive de soude reste active, les fermentations sont peu à craindre. Elles proviennent plutôt de la malpropreté de l'atelier de fabrication. Il est donc nécessaire de veiller au maintien de la propreté,

La mouture

Des bacs à tremper le riz passe à la mouture humide ; dans cette opération, on l'additionne d'une solution diluée de soude. A cet effet, on se sert de moulins à meules (1). Celles-ci ont généralement 1200 à 1400 millimètres de diamètre et une épaisseur de 300 à 400 millimètres. Le nombre de tours est de 120 à 140 par minute.

Pour éviter toute perte d'amidon, il faut surveiller avec soin la mouture. Les déchets contiennent souvent, en effet, des fragments de grains non broyés qui sont éliminés par les tamis latéraux. Les gros grains composés échappent souvent aussi au broyage.

Pour obtenir une mouture parfaite, la plupart des fabricants soumettent la farine à un repassage ou seconde mouture. A cet effet, on installe côte à côte deux meules dont l'une est à un niveau plus élevé de manière à déverser la farine directement dans la seconde meule.

La lessive de soude ajoutée pendant la mouture est de même concentration que celle employée pour la trempe, elle contient par conséquent 3 à 5 grammes de soude caustique par litre. On la fait écouler en un filet uniforme d'un bassin surélevé dans la trémie à secousses dans laquelle tombe le riz. On emploie par 100 kilogrammes de riz environ 1200 litres (2)

de séparer le travail des résidus du reste de la fabrication et de désinfecter soigneusement la fabrique de temps en temps, surtout si on constate un commencement de fermentation.

(1) La mouture par cylindres n'est pas avantageuse, eu égard au prix élevé de ces appareils et à leur faible rendement. Uhland cherche à les remplacer par le moulin cônique, mais il n'a guère réussi à faire des adeptes.

(2) Nous entendons le riz initial sec, car le riz trempé contient environ 40 0/0 d'eau.

de lessive, tandis que la pâte qu'on recueille à la sortie des moulins contient 20 à 28 0/0 de matières solides. La lessive dissout une certaine quantité de protéine pendant la mouture ; mais si la trempe a été faite convenablement, on peut économiser sur la soude. Avec une paire de meules, on peut moudre environ 20.000 kilogrammes de riz en 24 heures. La pâte moulue est élevée au moyen de pompes dans les bassins d'où elle passe aux tamis, puis au centrifuge.

LES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE SÉPARATION DU GLUTEN ET DE L'AMIDON — FABRICATION DE L'AMIDON PUR

Suivant le procédé de fabrication employé, la matière moulue contient une plus ou moins grande proportion du gluten des grains, en outre la cellulose et toutes les impuretés mécaniques. Ces matières doivent être éliminées dans la suite du travail, avec le moins de perte possible d'amidon. La séparation de ces différents éléments se fait au moyen de tamis, de centrifuges, de bassins de dépôt et de filtres-presses.

L'opération la plus importante, la séparation du gluten de l'amidon, se fait par deux procédés qui sont :

1° L'ancien procédé du soutirage ;

2° Le nouveau procédé par le centrifuge. Ni l'un ni l'autre de ces procédés n'est recommandable isolément ; une combinaison des deux est ce qu'il y a de meilleur. L'emploi du centrifuge doit être surtout vivement recommandé dans les pays chauds où, malgré tous les soins apportés au travail, la fermentation réapparaît incessamment et où il serait impossible d'appliquer aucun autre procédé.

On soutient que les Américains n'emploient pas beaucoup le centrifuge, mais on oublie qu'ils mettent en œuvre princi-

palement du maïs qu'ils ont à vil prix et qu'ils tirent un excellent parti des résidus ; que par conséquent la question de rendement n'a pas pour eux la même importance que pour nous, surtout quand nous travaillons du riz.

Le meilleur auxiliaire du centrifuge et de la décantation est le tamis cylindrique : sans lui on ne saurait obtenir de bons rendements. Malheureusement, les tamis finissent par revenir cher parce qu'ils sont rapidement mis hors d'usage par suite de l'action de la lessive de soude. Il serait intéressant de faire des essais avec des tamis faits de soie artificielle, qui pourrait peut-être présenter des avantages sous ce rapport.

Tamis. — Les tamis servent à séparer mécaniquement les particules grosses des parties fines. Les premières se composent de riz qui a échappé à la mouture, de protéine à grosses fibres et d'impuretés éventuelles. Les tamis à secousses sont à peu près partout remplacés par les tamis cylindriques qui donnent ici les meilleurs résultats. La construction de ces derniers est la suivante : sur un axe de 4 à 5 mètres de long sont montées transversalement trois tiges croisées symétriques, distantes d'un mètre l'une de l'autre. Les extrémités de ces tiges portent 6 lattes de bois parallèles à l'axe. Sur le bâti ainsi obtenu, on fixe des tamis de soie fine. Le cylindre occupe une position presque horizontale, avec une inclinaison de 15 centimètres environ. Dans la partie supérieure du tamis, on introduit le liquide à tamiser ; la matière traverse les parois du tamis, se réunit dans une caisse en bois qui entoure le cylindre. La partie basse du cylindre, entièrement ouverte, débouche par-dessus la caisse de bois dans un autre bassin, où se déversent les gros résidus. L'arbre du cylindre est creux et perforé de petits trous ; il est relié à une conduite d'eau. Si l'on ouvre le robinet d'arrivée de l'eau, celle-ci pénètre dans l'arbre et jaillit en pluie contre la paroi intérieure du cylindre et en arrose toutes les parties. C'est

l'eau également qui charrie hors du cylindre les parties les plus grosses. Ces résidus ne contiennent plus que peu d'amidon ; on les emploie dans l'alimentation du bétail. On avait bien proposé de les repasser à la meule ; mais, ils n'en valent la peine que si la mouture initiale a été faite sans surveillance et a fourni une importante proportion de grains non broyés. Le lait d'amidon qui a traversé le tamis contient encore une importante proportion de protéine, les grosses fibres étant seules retenues dans le cylindre.

Centrifuge. — La protéine finement divisée, ainsi que l'amidon attaqué par la lessive de soude, mélangés au liquide qui a traversé le tamis, doivent être éliminés de l'amidon fin soit au moyen de l'appareil centrifuge, soit dans des bassins de dépôt. L'un et l'autre procédé permettent d'atteindre ce résultat avec une égale perfection. Cependant, l'appareil centrifuge mérite la préférence, car il permet d'imprimer au travail plus de rapidité et de régularité, d'économiser du temps. Le mieux est de combiner les deux procédés.

Le tambour de l'appareil centrifuge a généralement un diamètre de 800 à 900 millimètres, une hauteur de 340 à 400 millimètres ; il faut y ajouter la couronne qui a ordinairement 150 millimètres de haut. Autrefois le tambour était construit entièrement en cuivre ; actuellement on le construit beaucoup en tôle. Le nombre de tours est de 1400 à la minute. Pour la fabrication de l'amidon de riz, on n'emploie plus guère les tambours à paroi perforée, vu qu'il n'y a pas lieu d'y soumettre le produit au lavage. Le but du centrifuge est d'éliminer de l'amidon brut les matières solides et de classer celles-ci suivant leurs densités. L'amidon a une densité plus grande que le gluten, ce qui fait qu'il se place directement contre la paroi, le gluten vient former une couche distincte qui comprend également l'amidon altéré par une cause quelconque et de densité plus faible que la normale.

L'appareil centrifuge étant chargé, on le fait marcher pen-

dant 15 à 25 minutes suivant la nature de la matière qu'il s'agit de traiter, puis on l'arrête. En manœuvrant une soupape, on retire le tampon qui ferme une ouverture pratiquée dans le fond du tambour, on fait écouler le liquide qui s'y trouve, tandis que l'amidon s'est tassé contre la paroi. La couche de gluten qui s'est placée sur la couche d'amidon est enlevée par grattage, ensuite l'amidon est déchargé.

Lorsque le lait d'amidon est fortement dilué, on laisse la première couche d'amidon en place dans le tambour et on le charge de nouveau ; après avoir fait fonctionner l'appareil, on enlève le gluten comme la première fois. On renouvelle la même opération à plusieurs reprises, jusqu'à ce que la couche d'amidon dans le tambour ait l'épaisseur voulue. Contre la paroi du tambour, on place ordinairement 6 à 8 plaques de tôle de 120 à 160 millimètres de large qui le divisent en 6-8 compartiments. Le but de ce dispositif est de faciliter l'enlèvement de l'amidon déposé. En enlevant ces tôles à l'arrêt de la machine, on peut décharger le tambour plus aisément. Le centrifuge construit par la maison Fernand Dehaître à Paris donne toute satisfaction (voir page 141).

L'amidon passé au centrifuge contient encore de la protéine ; de son côté, le gluten enlevé par grattage contient encore beaucoup d'amidon. L'un et l'autre sont délayés dans l'eau et passés au centrifuge une seconde fois, l'amidon pour être débarrassé du gluten, le gluten pour être débarrassé de l'amidon.

Diverses maisons de construction ont offert des centrifuges destinés soi-disant à séparer le gluten et l'amidon d'une façon continue. Aucun de ces appareils n'a résisté à l'épreuve ; aussi bien la solution de ce problème paraît impossible. Mais, ce qui est parfaitement réalisable, c'est un appareil qui sépare d'une façon continue de faibles quantités de matière solide en suspension dans l'eau. Un centrifuge de ce genre serait précieux dans les amidonneries de riz pour le

traitement, par exemple, des lessives provenant de la trempe des grains et dont il est impossible d'extraire complètement l'amidon par déposage ; ces liquides fermentent en été et l'acide produit en précipite à la fois l'amidon et le gluten, ce qui les rend absolument inutilisables. Il est à peine utile de faire observer que cette fermentation dégage une odeur insupportable.

Bassins de dépôt. — L'action des bassins de dépôt est analogue à celle du centrifuge, en ce sens que, comme dans ce dernier, les matières s'y séparent mécaniquement suivant l'ordre de leurs densités. L'amidon se dépose au fond, tandis que le gluten, qui reste encore en suspension dans l'eau, est éliminé avec celle-ci. L'amidon est remis en suspension dans l'eau à plusieurs reprises après déposage. L'eau employée à cet effet élimine également de l'amidon les impuretés solubles.

Filtre-presse. — Le filtre-presse ne permet pas de séparer mécaniquement les parties solides. Mais, quand il ne s'agit que d'éliminer de l'amidon les impuretés solubles qu'il renferme, opération pour laquelle il faut le délayer dans l'eau, le filtre-presse est d'un excellent usage pour séparer l'amidon du liquide. Cet appareil fonctionne plus rapidement que les bassins de dépôt et à meilleur marché que le centrifuge.

Le filtre-presse (fig. 87 à 90) se compose d'un certain nombre de plateaux P ou cadres évidés, laissant ainsi entre chacun d'eux un espace ou chambre C dans lequel arrive le liquide à filtrer et où la matière solide est transformée en tourteau.

Entre chaque plateau on interpose une toile en tissu approprié à la nature du liquide à filtrer, et l'on *serre* très fortement tous les plateaux l'un contre l'autre.

Si, par une pompe ou par tout autre moyen, on introduit par une forte pression la matière à filtrer dans les chambres C, le liquide seul pourra filtrer à travers les tissus, et il sortira clair par les orifices S. Lorsque le débit du liquide clair dimi-

nue, pour s'arrêter bientôt complétement, cela indique que le filtre-presse est plein et que les tourteaux sont formés. A ce moment on arrête l'introduction de la matière à filtrer, on desserre tous les plateaux : les tourteaux s'en détachent alors et tombent d'eux-mêmes. On referme le filtre-presse qui est alors prêt pour une nouvelle opération.

Les filtres-presses présentent l'avantage d'offrir une très grande surface filtrante ; ils forment des couches de résidus peu épaisses et permettent d'employer une pression relativement élevée.

Les filtres-presses système A. Philippe sont spécialement étudiés pour leurs différentes applications ; ils sont d'une construction soignée et fournissent d'excellents résultats.

Nous donnons ci-dessous (p. 282-283) un schéma du fonctionnement du filtre-presse.

L'ordre d'intervention de chacun des appareils ci-dessus, dans l'épuration de l'amidon, varie suivant les usines. Une bonne ordonnance consiste à faire passer la matière moulue : 1° par le tamis cylindrique, une fois ; 2° par le centrifuge, deux fois ; 3° par le filtre-presse, une fois. Cette méthode de travail permet d'obtenir 60 0/0 d'amidon fin de première qualité, 7 à 10 0/0 d'amidon extractible contenu dans les bas produits laissés par les diverses opérations et qu'on en extrait par leur passage au centrifuge à plusieurs reprises, etc. Le mode de travail des bas produits ne saurait être esquissé d'une manière absolument rigoureuse, les déchets obtenus étant sans cesse remis en suspension dans l'eau, parfois avec intervention de lessive de soude, passés au centrifuge ou aux bassins de dépôt. Les conditions économiques du milieu où l'on se trouve, ainsi que les cours de l'amidon sont les facteurs qui décident le plus souvent du degré d'épuisement auquel il convient de pousser les bas produits. Une autre question encore est celle de l'utilisation possible des sous-produits.

Dans bien des fabriques, on dépasse le but en ce sens que

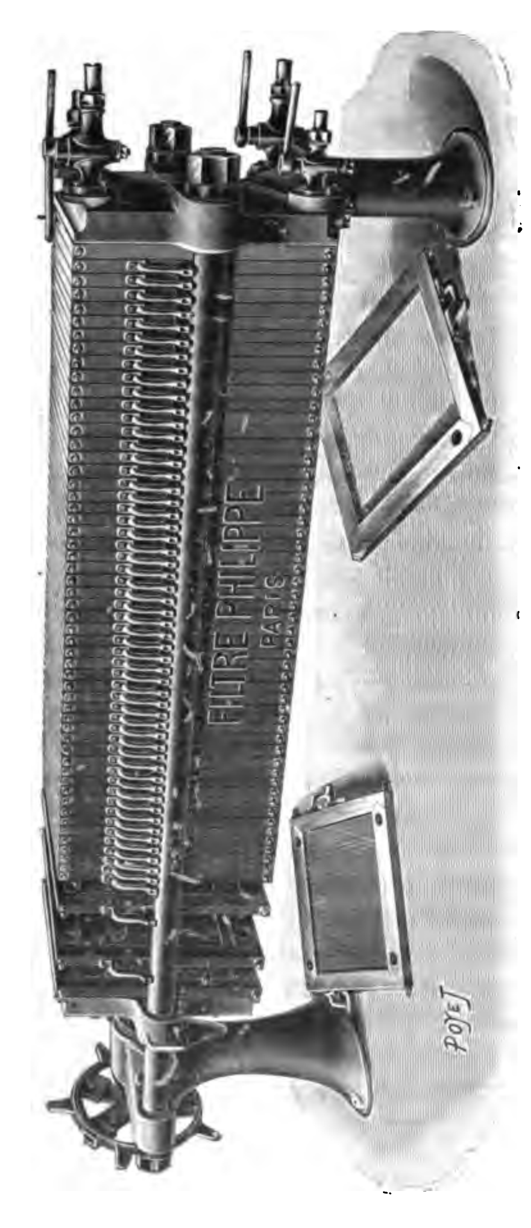


Fig.87. — Filtre-presse, système A. Philippe, Paris.

pour extraire des bas-produits les dernières fractions d'amidon, on dépense plus d'argent que ne vaut cet amidon. Sui-

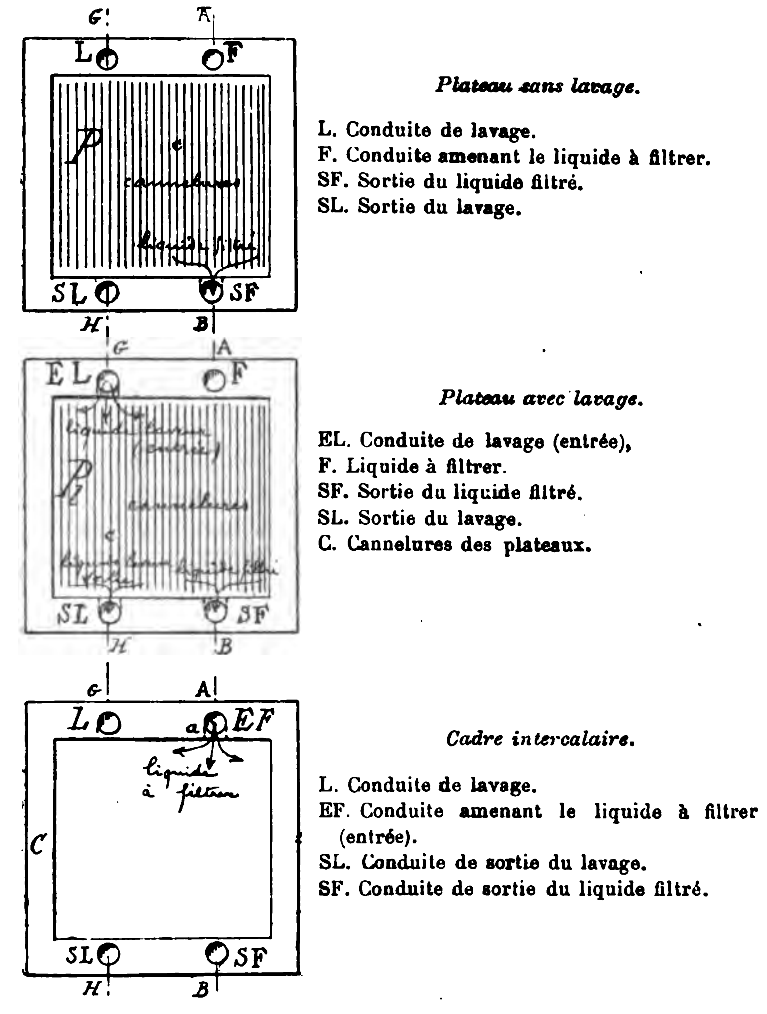
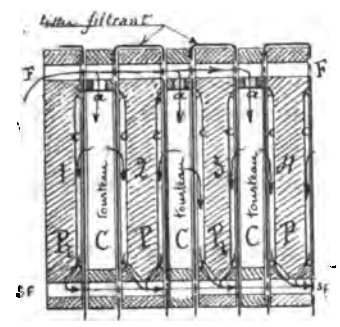


Fig. 88. — Schéma du fonctionnement du filtre-presee.

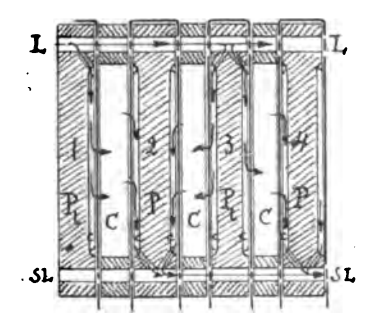
vant le mode de travail, le rendement total atteint 85 à 90 0/0 de l'amidon contenu dans le riz.



Filtration. (Coupe AB).

P. Plateau sans lavage.
Pl. Plateau à lavage.
C. Cadre intercalaire.

Les tissus filtrants sont placés à cheval sur chaque plateau. Le liquide à filtrer arrive dans la conduite FF, se répand dans le filtre-presse par l'orifice *a* des cadres intercalaires. Les matières solides se déposent dans les cadres pour y former des tourteaux, Le liquide traverse le tissu filtrant, coule le long des cannelures des plateaux, et de là se rassemble dans la conduite SF, SL de sortie du liquide. Les flèches indiquent la circulation du liquide. La filtration terminée, pour faire l'épuisement des tourteaux, on envoie de l'eau par exemple dans la conduite FF.



Lavage (Coupe GH).

LL. Conduite d'entrée du lavage.
LS. Sortie du lavage.

Le liquide laveur arrive par la conduite LL et se distribue dans le filtre, dans les orifices supérieurs des plateaux à lavage Pl. La marche du liquide est indiquée par les flèches. On voit que pour le lavage la sortie se fait seulement à la partie inférieure des plateaux sans lavage P, alors que la sortie du liquide filtré a lieu dans les plateaux.

Fig. 89 et 90. — Description schématique d'un filtre-presse.

Blanchiment de l'amidon

On a fait de nombreux essais de blanchiment de l'amidon. Hermite et Dubosc ont pris un brevet (1892) pour un procédé de blanchiment par l'électricité et le chlorure de sodium (v. p. 144).

Siemens et Halske (brev. all. 70.012) (1893) blanchissent

l'amidon avec du chlorure ou de l'ozone ; ils fabriquent en même temps par ce moyen de la dextrine et de l'amidon soluble.

Le procédé Siemens et Halske a été appliqué dans la féculerie de Carl Conrad à Kyritz. La fécule provenant de cette usine est absolument exempte de l'odeur et de la saveur spéciales qui lui sont propres ; elle est d'une belle blancheur. Ce produit peut être ajouté dans la pâtisserie, au chocolat ; mais, il est douteux qu'il puisse remplacer l'amidon de maïs, parce qu'il fournit un empois trop fluide.

La matière colorante jaune du riz présente une grande résistance à l'action des agents de décoloration. Les acides décolorent imparfaitement l'amidon de riz ; les alcalis font ressortir davantage la couleur. Le riz blanc, humecté avec de la lessive de soude, devient immédiatement jaune citron. Le blanchiment par les acides constitue donc une mauvaise méthode, parce que les acides, même à l'état dilué, influent défavorablement sur la formation de l'empois, et quand ils sont trop forts ils détruisent sa propriété de former de l'empois. L'amidon de riz le plus beau qu'on puisse trouver, celui de Chiozza, a le défaut de donner le plus souvent un empois de peu de consistance : c'est le résultat de l'acidité de l'amidon pendant la fabrication et la dessiccation.

Le meilleur agent de décoloration de l'amidon est l'acide sulfureux qui, bien employé, détruit presque complètement la matière colorante. Mais, après avoir traité l'amidon avec cet acide il faut, pour l'empêcher de donner un mauvais empois, neutraliser l'acide par une solution concentrée de soude (solution correspondant à $5^{cm^3},6$ d'acide par $50cm^3$ ci-dessus), puis mettre l'amidon en formes.

Jusqu'à présent, les procédés de blanchiment sont peu employés dans les amidonneries ; on y supplée, le plus souvent, en voilant la nuance jaunâtre de l'amidon par une addition de bleu d'outremer. L'emploi judicieux du bleu (les uns choisissent

le bleu verdâtre, d'autres le bleu rougeâtre) permet d'obtenir de l'amidon de belle blancheur. Le riz du Siam exige plus de bleu que le Rangoon. Les autres genres de bleu n'ont pas résisté à l'épreuve de la grande pratique.

Mise en formes de l'amidon

L'amidon venant du centrifuge ou du filtre-presse, suivant les cas, est mis en suspension dans l'eau ou dans une lessive de soude (0,1 à 0,3° B.), puis il est dirigé dans les bachots où il se débarrasse de l'excès d'eau. On obtient alors l'amidon solide, en blocs ayant la forme des bachots. Le travail des bachots est simple et facile. Il est clair, cependant, que leur installation exige un grand emplacement et que le lavage des toiles filtrantes constitue un travail fastidieux. En outre, les blocs d'amidon ont souvent une forme inégale, les coins restant attachés à la toile qui garnit les bachots. Les caisses métalliques dans lesquelles l'amidon est déshydraté par pression d'air ou par succion (3 atm.) présentent des avantages sur les bachots en ce qu'ils permettent d'imprimer à la marche du travail une allure plus vive et d'atténuer dès lors le danger de fermentation. L'amidon reste 24 heures de moins à l'état humide qu'avec les bachots. D'un autre côté, les blocs d'amidon sont plus réguliers et donnent moins de déchets de grattage. L'amidon envoyé aux appareils de succion ne doit pas être en solution trop épaisse.

En Angleterre on a combiné les appareils à succion avec les bachots pour déshydrater l'amidon. Dans les bachots l'amidon est déshydraté partiellement de manière à rester encore liquide, ensuite on l'envoie dans l'appareil à succion. Mais, c'est là une complication nullement recommandable.

Cependant les bachots ont leur mérite : les secousses qu'on

leur imprime périodiquement ont pour effet de donner des blocs beaucoup plus fermes et plus serrés que ceux obtenus par les autres appareils; par suite l'amidon après dessiccation est lisse et brillant, tandis que l'amidon des autres appareils est poreux et moins beau.

La mise en formes dans les centrifuges spécialement construits à cet effet est suffisante pour l'amidon de froment, pour lequel on n'exige pas d'aiguilles.

La prétention d'obtenir un amidon plus sec (35 0/0) avec les appareils à succion n'est nullement fondée. L'erreur provient de ce que l'amidon, à la sortie de l'étuve, est considéré comme absolument sec, alors qu'il contient encore en moyenne 10 0/0 d'eau (35 + 10 = 45 0/0).

Ressuyage et grattage de l'amidon

Les blocs d'amidon obtenus soit par l'emploi des bachots, soit par les appareils à pression ou à succion, sont ressuyés à 50-60° dans une étuve spéciale jusqu'à ce qu'ils ne contiennent plus que 25-28 0/0 d'eau, ce qui exige une durée de 36-38 heures. On hâte la déshydratation par l'exposition des blocs sur des aires de plâtre ou de terre cuite. Ces dernières sont préférables eu égard à leur solidité et la facilité que présente leur lavage avec de l'eau ou des acides dilués.

Ce ressuyage est un mal inévitable, nécessité par ce fait que pendant la dessiccation l'eau qui gagne la surface des blocs entraîne avec elle des matières (dextrines) qui colorent l'amidon en jaune, et que l'on ne peut écarter que par le grattage. Avec des blocs absolument secs, on ne pourrait pas enlever cette couche, car dès qu'on les touche, ils s'émiettent en aiguilles. Le grattage, au contraire, peut être facilement exécuté sur les blocs renfermant 25 à 28 0/0 d'eau. La couche jaune de

l'amidon a environ 10 m/m d'épaisseur et forme 20-22 0/0 de l'amidon total. Le déchet résultant du grattage est agité avec l'eau, passé au centrifuge ou aux filtres-presses, puis mélangé avec l'amidon pur pour être mis dans les formes.

Si l'amidon a été bien raffiné, la croûte doit toujours être de couleur claire. Si le ressuyage se fait à une température trop élevée, la croûte se forme trop tôt parce que l'humidité de l'intérieur n'est pas attirée vers l'extérieur aussi vite qu'elle le devrait. Les blocs de ce genre ont souvent, aux surfaces de rupture, un aspect verdâtre, gras ; après grattage, ils sont souvent jaunes à la surface. C'est là un grave inconvénient qui se manifeste également lorsque l'amidon a été mal raffiné. La température de l'étuve de ressuyage, surtout vers la fin de l'opération, ne doit pas dépasser 45° C. Lorsque le ressuyage est achevé, l'amidon ne doit plus contenir que 28 à 30 0/0 d'eau.

Si l'on considère que le ressuyage constitue en lui-même un nouveau raffinage de l'amidon, et qu'une grande partie des impuretés contenues dans le grattage consiste en soude caustique, il est facile de comprendre que les efforts qui tendent à supprimer le grattage dénotent une grande inintelligence du métier. Il en résulte aussi que la proposition faite par Berger d'empêcher la croûte de jaunir par l'addition d'agents décolorants, ou par la dessiccation de l'amidon dans le vide à basse température, n'est pas fondée sur la réalité des choses.

Dessiccation de l'amidon pour former de l'amidon en aiguilles

Après avoir gratté les blocs, on les place à l'étuve sans chauffer pendant 2-3 jours (suivant la grandeur des blocs) ; ensuite, on chauffe doucement, d'abord jusqu'à 25° C. seulement, en augmentant insensiblement pour atteindre 28° C. le troisième jour, puis élevant la température lentement jusqu'à

32-35° C. L'amidon qui est exposé dès le début à une température élevée manquera toujours de brillant. Il faut avoir soin aussi de garnir complètement l'étuve en 2-3 jours, suivant la température extérieure. En été, si l'on craint les fermentations, on fait en sorte d'activer un peu la dessiccation.

L'amidon complètement séché se transforme en *aiguilles*, c'est-à-dire qu'il se forme dans les blocs un grand nombre de fentes allant des extrémités vers le centre. Pour que les blocs ne tombent pas en miettes, on les enveloppe, après ressuyage, dans des papiers ou des cartons. Comme le public tient beaucoup à la belle apparence des aiguilles, et qu'il donne la préférence aux aiguilles grosses, blanches et bien lisses, le fabricant doit tenir compte de ces exigences.

La blancheur des aiguilles dépend de la pureté de l'amidon et des soins apportés à son épuration, pour le moins autant que de la dessiccation (1). Comme malgré tous les soins qu'on peut apporter au travail, l'amidon contracte le plus souvent une nuance jaunâtre, on y ajoute un peu de bleu d'outremer, comme nous l'avons fait observer plus haut. Le bleu de Berlin ne peut être employé pour l'amidon qui renferme de la soude libre, parce qu'il se décompose. Il y a, d'autre part, peu de couleurs bleues d'aniline qui ne se décomposent en présence d'un alcali libre; après un temps plus ou moins long, la nuance bleuâtre qu'elles communiquent d'abord à l'amidon, se change en vert et en jaunâtre; de plus, la couleur se retire vers les extrémités pendant la dessiccation, de sorte que les aiguilles montrent des couleurs différentes de l'intérieur à l'extérieur.

La rugosité de l'amidon, comme nous l'avons déjà fait observer, peut avoir sa cause, soit dans une teneur trop élevée

(1) La formation des aiguilles et leur consistance dépendent beaucoup de la température de la mise à l'étuve et de la bonne installation de la ventilation.

en eau à sa sortie des appareils de déshydratation, soit dans la trop grande concentration du liquide amylacé au moment de la mise en forme pneumatique. Elle peut provenir aussi d'une teneur trop élevée en soude, ou encore de la fermentation, ou encore de la présence du calcaire dans l'eau employée. Dans les premiers cas, le remède est tout indiqué ; dans les derniers, il faut pousser vivement la dessiccation.

Souvent aussi on remarque dans l'amidon des taches plus ou moins foncées ou rougeâtres, dont on n'a pas encore réussi à empêcher la formation. Selon toute apparence elles sont causées par des champignons de moisissure.

Ce phénomène est assez rare dans l'amidon en aiguilles ; il apparaît souvent dans l'amidon séché à l'air. On a remarqué que ces taches se forment le plus souvent dans l'amidon qui a été en contact avec l'acide chlorhydrique, et l'on sait que cet acide est employé dans presque toutes les fabriques pour le travail de l'amidon glutiné. Il est facile de provoquer leur apparition en neutralisant de l'amidon glutiné avec de l'acide chlorhydrique et le faisant ensuite sécher à une basse température dans un local assez grand. L'amidon, même neutre, reste en parfait état quand il est exempt d'acide chlorhydrique.

Pour le reste, voir ce qui a été dit pour la fécule et l'amidon de maïs.

Observations sur la fermentation

La fermentation est l'ennemi le plus redoutable de l'amidonnerie. Elle apparaît dès la première phase de la fabrication, qui est la trempe, et constitue une menace permanente dans le cours de toutes les opérations. Il faut donc mettre en œuvre rapidement l'amidon glutiné, qui reste un danger d'infection pour les autres sortes d'amidon. Comme remèdes préventifs, qui ne nuisent en rien à l'amidon, on em-

ploie la lessive de soude et l'acide sulfureux. Dans les usines où l'on n'emploie pas l'acide, l'amidon doit toujours avoir une légère alcalinité, dont l'expérience seule enseigne le degré. La fermentation se manifeste par les signes suivants : Les solutions liquides dégagent de l'acide carbonique. Les bulles qui s'élèvent dans le liquide entraînent une partie de l'amidon déjà déposé et l'eau surnageante reste longtemps trouble. Il est donc préférable, si ces eaux ne contiennent pas trop d'amidon, de les écouler purement et simplement, car leur mise en œuvre coûte plus que ne vaut l'amidon qu'elles contiennent. Lorsque l'eau amylacée a pris une certaine concentration dans les bachots, l'acide carbonique ne peut plus s'en dégager ; il reste alors emprisonné dans la matière et y forme des bulles. Lorsque l'amidon se solidifie davantage et ne contient plus que 30-34 0/0 d'eau, l'acide carbonique ne peut plus y former de bulles, il s'échappe alors latéralement de son centre de formation. Mais, il entraîne des granules d'amidon, de sorte que si l'on brise un bloc, on remarque des lignes creuses qui rayonnent du centre vers la circonférence et sont parfois croisées par d'autres rayons. Ces blocs rendent un son creux qui permet de trier les blocs parfaits de ceux qui sont défectueux. Ce phénomène ne se manifeste plus dans les blocs dont la teneur en eau est tombée à 30 0/0. Lorsqu'il se produit, ce qui arrive généralement pendant le ressuyage, il résulte presque toujours d'un mauvais travail ; l'amidon doit être remis en œuvre. En hiver, on peut se contenter de le faire passer au centrifuge, après avoir neutralisé l'acide qui s'y est formé, par une lessive concentrée de Na^2CO^3 et l'avoir délayé dans une solution de soude à 20° (dont 50cm³ sont neutralisés par 2cm³,0 d'une liqueur contenant 49 grammes d'acide sulfurique pur par litre d'eau, soit 0cm³,1 = 1° NaHO).

Dans l'étuve où s'opère la dessiccation, l'amidon n'est pas à l'abri de la fermentation. Elle s'y manifeste, quoique plus rarement, par un aspect rugueux, analogue à celui de la chaux,

dans l'intérieur des blocs : l'acide carbonique produit par la fermentation a détruit, sur tous les points où il s'est formé, la surface lisse de l'amidon.

Dans tous les cas que nous venons d'indiquer, la fermentation est due à une teneur trop faible de l'amidon en NaHO pendant le cours des opérations.

Il ne faudrait pas en conclure qu'il faille forcer la dose de soude. L'amidon fortement sodé à une saveur amère ; c'est pourquoi il faut doser la soude à chaque charge, et en régler la teneur suivant les besoins. En été, il faut employer plus de soude qu'en hiver.

Compte de fabrication d'une amidonnerie de riz traitant par jour 5.000 kilogr. de riz (Scheffter).

Main-d'œuvre :	
Contre-maître	10 »
Mécanicien	6 »
2 chauffeurs	12 »
1 meunier	6 »
20 ouvriers à 4 fr. 25 l'un	85 »
10 enfants à 1 fr. 75 l'un	17 50
Matières :	
Charbons, 4.000 kg. à 24 fr.. les 1.000 kg.	96 »
Matières premières, 5.000 kg. à 20 fr. les 100 kg	1.000 »
Papiers, ficelles, étiquettes, sacs, emballage en caisses, 3 fr. par 100 kg.	105 »
Produits chimiques	10 »
Frais généraux :	
Direction	20 »
Comptabilité et administration	10 »
Représentation	10 »
Magasinier	5 »
2 cochers livreurs	12 »

Impositions, patentes, assurances	10 »
Frais de bureaux	5 »
Eclairage	10 »
Chauffage	Néant
Nourriture de 4 chevaux	12 »
Frais de vente 5 %	105 »
Frais de transport, 3 fr. par 100 kg	105 »
COMPTES SPÉCIAUX :	
Entretien du matériel	10 »
Entretien des immeubles	10 »
Imprévu	20 »
Total	1.691 50
PRODUCTION :	
3.500 kg. d'amidon à 55 fr. les 100 kg	1.925 »
750 kg. de tourteaux à 15 fr. les 100 kg	112 50
500 kg. de gluten	Néant
50 sacs à 0,30 l'un	15 »
Total	2.052 50

dont la différeuce est de 361 fr. Ce qui donne 108.300 fr. de bénéfice pour un travail annuel de 300 jours, soit près de 16 0/0 du capital.

Remarque : Beaucoup de ces frais sont comptés au minimum. Le rendement du riz est de 70 0/0, pour certaines qualités on obtient jusqu'à 75 0/0.

Le prix de l'amidon de riz varie d'une manière assez considérable, suivant l'emballage et la nature du produit, entre 35 et 70 francs. Les petits boitages donnent lieu à une augmentation de prix suivant le coût de la main-d'œuvre supplémentaire. Du reste, d'une manière générale, les petits boitages ne doivent pas excéder 10 0/0 de chaque livraison.

L'amidon en poudre destiné à la fabrication des poudres de riz et aux usages pharmaceutiques offre un débouché considérable, au prix moyen de 65 fr. les 100 kilogrammes avec un emballage de 0,60.

Il est nécessaire aussi de tenir compte des frais généraux pendant les jours d'arrêt ainsi que de l'amortissement du capital.

Emballage pour Amidon

DIMENSIONS DES CAISSES DE 25 KILOGRAMMES

		Longueur	Largeur	Hauteur
2 kg. 1/2	à 2.500 gr.	0,48 1/2	0,40	0,26 1/2
1/2 kg.	à 500 —	0,57	0,37	0,27
1/4 kg.	à 250 —	0,60	0,40	0,24 1/2
1/8 kg.	à 125 —	0,56 1/2	0,41	0,27
1/16 kg.	à 62,5—	0,58	0,39	0,25
Paquets		0,46	0,29	0,26 1/2

BOITES CARTON

2 kg. 1/2.	2.500	0,22	0,15	0,14
1/2 kg.	0,500	0,14	0,11	0,06
1/4 kg.	0,250	0,12	0,10	0,045
1/8 kg.	0,125	0,10	0,065	0,045
1/16 kg.	0,62 1/2	0,07	0,055	0,03

POIDS DES BOITES CARTON

2 kg. 1/2.	285 gr.
1/2 kg.	90 gr.
1/4 kg.	40 à 55 gr.
1/8 kg.	25 à 35 gr.
1/10 kg.	12 à 16 gr.

Boite de 1 kg. Les dimensions = 0,17 0,125 0,09

LES RÉSIDUS DE LA FABRICATION DE L'AMIDON

Les résidus de l'amidonnerie constituent un excellent aliment pour le bétail. Cependant on entend parfois des plaintes sur le peu d'effet utile que le bétail retire de ces résidus. Nous ferons remarquer de suite que ces plaintes ne sont pas fondées.

Il est incontestable que la valeur des résidus varie suivant les procédés de fabrication. Le lavage multiplié des grains ou de leurs éléments a pour effet d'en éliminer une certaine quantité de principes nutritifs très solubles et par conséquent facilement digestibles ; c'est pourquoi il est important de n'adopter que des procédés de fabrication qui permettent de séparer rapidement de l'amidon les résidus destinés à l'alimentation du bétail. Le lavage des résidus ne leur enlève cependant qu'une faible partie de leurs éléments nutritifs ; mais ce sont précisément les éléments excitants qui disparaissent et sont dès lors perdus avec les eaux de fabrication. Ces éléments stimulants, toniques, ne possèdent pas, il est vrai, un pouvoir nutritif direct, mais ils contribuent à hâter l'assimilation en ce sens qu'ils excitent les fonctions des organes digestifs. On a fait sous ce rapport d'intéressantes expériences sur du foin exposé à une pluie prolongée ; la valeur nutritive réelle de ce foin n'était guère plus élevée que celle de la paille, quoique sa valeur nutritive théorique fût sensiblement la même que celle du foin normal. C'est que la pluie lui avait enlevé ses éléments excitants, son coefficient de digestibilité avait diminué en conséquence et le bétail n'en a pas retiré le même profit que du foin normal.

Les meilleurs résidus de l'amidonnerie sont ceux du maïs ; rappelons que 100 kilogrammes de ces graines rendent en moyenne 50 kilogrammes d'amidon ; les drèches ou résidus représentent 25 à 30 kilogrammes. Ces 30 0/0 renferment 10 0/0 de matières protéiques (fibrine de maïs et gluten), 6,5 0/0 de matières grasses et 15 0/0 d'hydrates de carbone. Ces résidus ont donc, comme on le voit, une valeur nutritive élevée ; néanmoins on les donnera au bétail mélangés avec du foin ou de la paille hachée et des balles. Voici les rations composées par une grande amidonnerie qui entretient en même temps un nombreux bétail à l'engrais :

Drèches de maïs	0 hect. 20
Foin	2 kilogr.
Paille hachée et balles	5 kilogr.

D'après cela, une amidonnerie de maïs qui met en œuvre 2.000 kilogrammes de grains par jour peut entretenir avec ses résidus (32 hectol. par jour) 160 bœufs. 100 kilogrammes de maïs laissent 1hl,6 de résidus qui suffisent pour nourrir 8 bœufs.

Les résidus de l'amidonnerie constituent donc un excellent aliment pour le bétail, et plus spécialement pour le bétail à l'engrais, mais à deux conditions : 1° que les éléments toniques des grains leur soient conservés par des procédés rationnels de fabrication ; 2° que les drèches soient données au bétail en mélange avec des fourrages auxiliaires qui suppléent aux éléments qui peuvent manquer aux drèches. Dans ces conditions, les drèches sont prises avec avidité par le bétail et présentent dès lors une grande valeur dans la ferme.

On a essayé aussi d'extraire l'huile des germes de maïs. Ce travail exige un outillage spécial par lequel les germes et les sons sont séparés des autres parties du grain. Cette industrie ne convient qu'aux grandes usines qui ont des quantités considérables de résidus. Le rendement en huile est de 3 à 3,5 0/0 (1).

Voici la composition du son de maïs. Mélange des sons gros et fins au sortir des tamisages 80 et 180 (Scheffter) :

(Analyse faite en 1880)

Humidité	80,10
Amidon	8,05
Gluten (matières azotées)	1,68
Huile grasse	2,70
Sucre, cellulose, matières organiques	6,87
Phosphate de chaux	0,19
Sels divers	0,41
TOTAL	100,00

Azote 0,270

(1) Voir plus haut le système américain.

Après un égouttage de 24 heures, ces sons perdent jusqu'à 15 0/0 d'eau et constituent des aliments d'une grande valeur pour le bétail.

Les résidus de l'amidonnerie de riz sont généralement réduits en tourteaux et séchés, puis réduits en farine. La valeur nutritive de celle-ci dépend de sa teneur en amidon et surtout en gluten. Suivant les procédés de fabrication, les résidus contiennent plus ou moins complètement le gluten des grains, et dans ce cas leur teneur en protéine est très élevée. On n'a pas encore, que nous sachions, fait d'essai en vue d'extraire spécialement le gluten du riz pour l'alimentation humaine ; ce gluten est du reste peu digestible, ce qui est un obstacle insurmontable à son écoulement. Peut-être la science arrivera-t-elle à vaincre cet obstacle et à donner ainsi à l'amidonnerie de riz un nouvel élément de prospérité.

Traitement des eaux glutinées

Dans la fabrication de l'amidon de riz ou d'autres céréales, sans fermentation, on arrive à séparer le gluten de l'amidon en dissolvant le gluten par un alcali, comme nous l'avons vu dans la fabrication de l'amidon de maïs, de manière à former un sel soluble : glutinate de chaux, de soude ou de potasse. Mais ce corps est très instable ; il se décompose au contact de l'air et donne lieu à une fermentation putride.

Extraction du gluten

1er Cas. — Supposons que pour dissoudre le gluten on ait employé de la soude ou de la potasse. On le traite par une quantité équivalente d'acide sulfurique dilué ; il se forme du

sulfate de soude ou de potasse et le gluten se dépose. On l'extrait par lavages rapides ou à l'aide d'un filtre-presse. Le gluten peut être livré directement à la consommation, soit à l'état humide, soit desséché sur la touraille et réduit en granules par une paire de meules.

2e Cas. — Supposons que pour dissoudre le gluten on ait employé de la chaux. On le traite alors par l'acide sulfurique comme dans le premier cas. Cet acide se combinant avec la chaux, forme du sulfate de chaux insoluble qui se mélange avec le gluten.

Pour isoler le gluten, on le dissout par une quantité équivalente de potasse ou mieux de soude, ces deux substances étant sans action sur le sulfate de chaux. On décante et on sépare le gluten de la soude par l'acide sulfurique comme dans le premier cas.

Les eaux débarrassées du gluten n'en sont pas moins insalubres, et avant de les écouler, il faut les traiter soit par un lait de chaux, soit par une décoction de tan, ou encore par un mélange de ces deux matières. Le liquide s'éclaircit alors en un temps très court et abandonne une importante quantité de matière floconneuse.

Cette eau, d'une odeur ammoniacale lorsqu'on a employé un excès de chaux, ne peut plus prendre d'odeur putride et on peut l'évacuer. Les précipités réunis servent comme engrais.

Voici le mode d'épuration employé dans une amidonnerie de riz de la région du Nord installée il y a quelques années.

L'extraction de l'amidon se fait d'après un nouveau procédé qui consiste à moudre le riz, puis à lui faire subir une première trempe dans un milieu acidulé par l'acide chlorhydrique à raison de 10 0/0 du riz. Après les décantations successives, les eaux, qui représentent environ 35 fois le poids du riz employé, sont mélangées, passées à travers un tamis serré, et traitées par 50 centigrammes de perchlorure de fer à 30° par litre, additionnées d'un lait de chaux jusqu'à réaction alcaline, mises en

dépôt et décantées. Les eaux sont alors presque limpides, inodores, et après 24 heures de repos, celles qui surnagent le dépôt ne dégagent plus aucune odeur ; elles contiennent en général pour 1.000 parties, 0,80 de matières minérales et 0,70 de matières organiques, soit 1,50 de matières fixes, tandis que d'ordinaire les eaux épurées des amidonneries sentent encore très mauvais et renferment 2,60 de matières fixes pour 1.000 parties. De plus, les matières organiques qui se trouvent dans les eaux de riz contiennent moins de matières azotées et grasses, et la dextrine y constitue la majeure partie des matières organiques dissoutes. Or, cette substance est moins dangereuse pour la salubrité que les premières, car les produits de sa décomposition ne contaminent pas d'une façon aussi grave la pureté des cours d'eau (1).

Amidon acide et amidon alcalin

Il existe des différences assez considérables entre l'amidon acide et l'amidon alcalin.

En Amérique, l'amidon acide (Manufacturing Starch) est généralement employé pour la fabrication de la glucose. A l'état sec, il possède une belle blancheur avec une nuance jaune rougeâtre. Il fournit un empois fluide, ce qui fait qu'il est moins estimé des blanchisseuses, des fabricants de sacs en papier et de cartonnages, qui apprécient le rendement d'un amidon d'après la consistance de l'empois qu'il fournit. Par contre, l'amidon acide est très estimé des filateurs et des apprêteurs qui l'emploient pour l'encollage, l'apprêt et la charge des tissus, l'empois de cet amidon y pénétrant mieux et leur

(1) *Journal de Pharm. et de Chim.*, 1887.

donnant un toucher doux et moelleux. En outre, le tissu apprêté avec cet empois absorbe plus facilement l'huile.

L'amidon alcalin (Laundry Starch) donne un empois épais ; c'est pourquoi on le préfère à l'amidon acide pour l'empesage du linge. Mais il se prête moins bien à l'apprêt des cotonnades que ce dernier, parce que son empois ne pénètre pas suffisamment dans les tissus, les raidit et s'écaille.

Les différences entre les deux sortes d'amidons sont déterminées par les faibles quantités d'acide ou d'alcali qu'ils contiennent. Il est facile de communiquer à l'amidon neutre, pur, les propriétés de l'un ou de l'autre en y ajoutant de l'acide ou de l'alcali.

CHAPITRE XIII

FABRICATION DE L'AMIDON DE FROMENT

AVEC EXTRACTION DU GLUTEN

Le froment

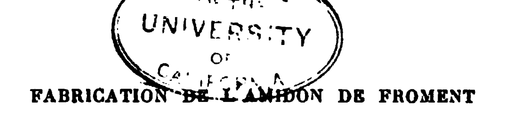
Le grain de froment se compose d'une enveloppe, du corps farineux et du germe. Le corps farineux renferme 58 à 63 0/0 d'amidon, 11 à 18 0/0 de gluten et en outre de l'albumine et des sels, etc., en faible proportion.

Pour la fabrication de l'amidon, on choisit de préférence du froment riche en amidon ; mais on peut parfois trouver avantage à mettre en œuvre des blés avariés lorsqu'on peut s'en procurer à bon marché.

Procédés de fabrication

L'extraction de l'amidon de froment présente certaines difficultés à cause de la présence du gluten, substance tenace et insoluble dans l'eau. On emploie deux procédés principaux :

L'un entraîne la destruction de la plus grande partie du gluten, qui est dès lors perdu ; l'autre permet de le recueillir comme produit alimentaire. Ce sont les circonstances qui décident de l'emploi de l'un ou de l'autre de ces procédés.



Le premier de ces procédés, dit *ancien*, a été généralement appliqué autrefois. Le voici dans ses grandes lignes :

Les grains, préalablement trempés et gonflés, sont écrasés et additionnés d'eau ; le mélange abandonné à lui même ne tarde pas à entrer en fermentation, et à devenir fortement acide. Cette fermentation a pour effet de désagréger, de décomposer en partie le gluten et, par suite, de lui faire perdre sa ténacité qui aurait entravé la séparation de l'amidon. Ce procédé comporte donc les opérations suivantes :

Trempe des grains ;

Broyage des grains ;

Fermentation ;

Extraction de l'amidon ;

Epuration de l'amidon.

D'après le second procédé, dit *procédé nouveau*, on extrait l'amidon sans le secours de la fermentation. par une séparation purement mécanique et, comme résidu, on a le gluten mélangé avec les sons.

Enfin, on peut aussi soumettre le blé à la mouture et extraire l'amidon de la farine par des procédés mécaniques.

Procédés par fermentation

Trempe et broyage du froment. — Le froment, préalablement débarrassé de ses impuretés par un nettoyage et un lavage, est mis à tremper jusqu'à ce que les grains ramollis se laissent facilement écraser entre le pouce et l'index. Plus le blé est tendre, plus la température de l'eau est élevée, moins il faudra de temps pour cette opération ; en été, elle dure environ quatre jours, en hiver elle dure plus longtemps. Lorsque le grain est suffisamment ramolli, on laisse écouler l'eau de trempe et le froment est soumis au broyage.

Cette opération a pour but de déchirer l'écorce des grains, d'ébranler les membranes cellulaires du corps farineux renfermant l'amidon. Un des appareils les plus fréquemment employés pour ce genre de travail est un moulin à trois cylindres installés au-dessus d'une caisse. Les cylindres peuvent être rapprochés à volonté au moyen de vis. Lorsque les cylindres sont mis en mouvement, les grains versés dans une trémie sont entraînés uniformément et écrasés. Le point important dans cette opération consiste dans la position des cylindres ; ils doivent être assez rapprochés pour que les grains ne puissent passer aux travers d'eux sans être écrasés.

Fermentation. — Les grains écrasés sont dirigés dans des cuves ou citernes, additionnés d'eau et réduits en une pâte épaisse ; le mélange est abandonné à lui-même, il entre en fermentation. On peut hâter cette dernière par une addition d'eau acidulée ou d'eau sûre. La durée de la fermentation dépend de la température du local : en été, elle est achevée au bout de dix à douze jours, tandis qu'en hiver, elle dure environ vingt jours, la température du local étant supposée à 15°. On reconnaît que la fermentation est achevée à la teinte jaunâtre du liquide qui s'éclaircit et à la cessation du dégagement d'acide carbonique. Elle donne naissance à de l'alcool, des acides acétique, lactique, butyrique, etc. qui réagissent sur le gluten et le désagrègent partiellement. La séparation de l'amidon devient dès lors facile à exécuter. Mais la fermentation doit être arrêtée au moment opportun, car elle dégénère facilement en fermentation putride et décompose alors une partie de l'albumine et du gluten.

Extraction de l'amidon. — La fermentation étant achevée, on laisse écouler l'eau acidulée de la masse et l'on procède à l'extraction de l'amidon. Cette opération se faisait autrefois dans un tambour laveur en bois ou en cuivre, à parois perforées ; les sons sont retenus, tandis que le liquide amylacé s'en

écoule à travers les trous dans un récipient placé en dessous, et de là dans les cuves de dépôt.

Epuration de l'amidon. — Le liquide amylacé renferme, outre l'amidon, le gluten finement divisé, des débris de son très fins. On le dirige dans une cuve de dépôt, on met en mouvement l'agitateur dont elle est munie, puis on laisse déposer. Les grains d'amidon de froment étant plus petits que les grains de fécule de pommes de terre, se précipitent plus lentement. Au bout de quatre jours, les matières tenues en suspension dans le liquide se sont précipitées au fond de la cuve où elles occupent trois couches qui se confondent légèrement ; la couche supérieure se compose principalement de gluten ; la couche suivante, plus consistante, contient un mélange d'amidon et de gluten ; enfin, la couche inférieure ne renferme que de l'amidon à peu près exempt d'impuretés. Après avoir décanté l'eau, on a soin de séparer autant que possible les deux couches qui se trouvent au-dessus de l'amidon, on les remet dans une cuve, on agite, puis on coule sur les plans inclinés. Sur la partie la plus élevée du plan, le liquide dépose une couche d'amidon relativement pur ; plus loin, on a de l'amidon mélangé de gluten ; enfin le liquide qui s'écoule du plan renferme la partie la plus grossière du gluten et une certaine quantité de grains d'amidon plus ténus, restés en suspension.

L'amidon qui se dépose sur la partie inférieure du plan est tellement mélangé de gluten qu'il est à peu près impossible de l'en séparer ; il fournit, après nouveau lavage et déposage, un produit coloré qu'on met dans le commerce sous le nom d'amidon deuxième. L'épuration de ce produit est rendue plus facile si on le mélange avec un peu d'eau acidulée et si on l'abandonne à lui-même dans un endroit modérément chauffé. Il s'y établit alors une nouvelle fermentation qui a pour effet de dissoudre la majeure partie du gluten, de sorte qu'en mélangeant ensuite avec de l'eau et laissant déposer on obtient encore un produit d'assez bonne qualité.

L'amidon déposé dans la cuve de déposage et débarrassé de la couche d'impuretés qu'il supportait, est de nouveau additionné d'eau, mis en suspension et passé par un tamis fin ; on le dirige ensuite dans des cuves où on le laisse déposer, on décante l'eau, on retranche du dépôt la couche superficielle d'amidon et de gluten ; la couche immédiatement au-dessous est de l'amidon pur qu'on soumet à la dessiccation de la même manière que l'amidon de riz.

Epuration de l'amidon par le centrifuge. — L'épuration de l'amidon par simple dépôt est une opération toujours longue et exige, en outre, un grand emplacement. L'emploi de la turbine supprime ces inconvénients. Le fonctionnement de l'appareil est absolument le même que pour la fécule, l'amidon de maïs et l'amidon de riz. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

PROCÉDÉS SANS FERMENTATION

Ces procédés sont assez nombreux et se ressemblent tous ; ils ne diffèrent que par quelques particularités de détail. Ils se rattachent pour la plupart à ceux que nous avons exposés en parlant de la fabrication de l'amidon de maïs et de riz. Quoique avec ces procédés le gluten ne soit pas détruit comme dans le procédé par fermentation, il est difficile de l'extraire à un état assez pur pour le livrer à la consommation humaine. Le procédé suivant est le seul pratique pour atteindre ce but.

FABRICATION DE L'AMIDON DE FROMENT AVEC EXTRACTION DU GLUTEN, PROCÉDÉ MARTIN

Dans ces dernières années, les amidonneries situées aux portes des grandes villes, et qui vendaient les résidus de leur

fabrication aux laitiers des campagnes environnantes, ont vu leur clientèle se détourner peu à peu. Cette défection s'explique : les résidus ne sont propres à l'alimentation du bétail qu'à l'état frais ; en été, ils sont très exposés à se détériorer. De là résultent des difficultés de plus en plus grandes pour leur écoulement.

Cette cause et d'autres encore que nous signalerons plus loin ont décidé les fabricants de certains pays à renoncer à peu près complètement à mettre en œuvre du froment en nature et à extraire l'amidon et le gluten en partant de la farine. Cette modification constitue un progrès, ainsi que nous le verrons plus loin.

La mise en œuvre de la farine comprend les phases suivantes :

a) Trempe de la farine et confection de la pâte ;

b) Extraction de l'amidon de la pâte ;

c) Travail du lait d'amidon ;

d) Travail du gluten.

On voit de suite que la mise en œuvre de la farine doit être une opération très simple, propre, facile à diriger.

Les opérations du nettoyage, de la trempe, de la mouture et de la séparation des sons disparaissent donc ici, et ce fait est déjà par lui-même très important dans l'installation d'une amidonnerie de froment. Cette installation exige des machines moins compliquées et en plus petit nombre, moins de travail et moins d'eau pour la fabrication d'une même quantité d'amidon. Par suite, le capital d'exploitation est également moins important.

Mais, le point le plus intéressant, c'est l'absence de préoccupations pour l'écoulement des résidus. On connaît les difficultés qu'éprouvent actuellement les amidonneries de certaines villes pour trouver un écoulement régulier des drèches liquides. Cet inconvénient est d'autant plus grand que les amidonneries de froment n'ont qu'une installation restreinte et

que leur peu d'importance ne leur permet pas de faire les frais d'une installation de séchage des drèches.

Enfin, les résultats d'exploitation des amidonneries de froment opérant sur la farine sont plus avantageux que pour celles partant des grains.

Quelle sorte de farine doit-on employer?

Cette question est loin d'être indifférente. L'expérience montre qu'il faut choisir pour l'amidonnerie les farines qui, en meunerie, constituent les produits intermédiaires entre les farines blanches et celles de panification. Les farines de panification sont également très propres à la fabrication de l'amidon et du gluten ; mais elles ne doivent pas être vieilles de plus d'un mois. Le mieux est d'acheter de la farine sortant de mouture et de l'emmagasiner pendant quelques jours avant de la mettre en œuvre.

Pour reconnaître si le rendement d'une farine est en rapport avec le prix qu'on la paie, il est bon de la soumettre à un essai de fabrication sur un échantillon moyen. Sous ce rapport, les farines de panification se prêtent mieux à la fabrication et donnent de bons rendements.

Leur composition moyenne est la suivante :

Eau	10,70	°/₀
Cendres	0,96	»
Gluten	15,40	»
Amidon	63,50	»
Matières solubles dans l'eau et pertes	9,44	
	100,00	

L'acidité de la farine joue un certain rôle dans la fabrication. Balland (1) a trouvé comme acidité minimum le chiffre

(1) *Comptes-rendus* 1894, p. 176.

de 0,013 0/0. Le degré d'acidité d'une farine donne la mesure de sa bonne conservation. Plus la farine est acide, plus elle contient de gluten ; mais, à un certain degré d'acidité semble correspondre un certain degré d'altération du gluten, attendu que dans ce cas il devient impossible de l'extraire de la farine.

L'acidité de la farine fraîchement moulue est la plus faible en novembre, décembre, janvier et février ; elle augmente ensuite progressivement avec la saison chaude. Il s'ensuit que dans les mois chauds, la farine doit être mise en œuvre immédiatement après la mouture.

Balland a trouvé au maximum 47,5 0/0 de gluten dans certaines farines ; la moyenne est de 43 0/0 de gluten humide. Le rapport entre le gluten humide et le gluten sec n'est pas aisé à établir exactement suivant Balland. Le gluten qui a absorbé la plus grande quantité d'eau en contient 71,13 0/0, celui qui en a absorbé le moins en contient 52 0/0.

D'après les observations de J. Brössler (1), la teneur en eau du gluten humide extrait de la farine dite de panification varie entre 70 et 67 0/0.

Les meilleures farines de panification sont celles dont le gluten peut absorber la plus grande quantité d'eau, et il existe une certaine corrélation entre le pouvoir d'absorption d'eau du gluten et la faculté de conservation de la farine. Plus est faible le pouvoir absorbant du gluten pour l'eau, plus l'acidité de la farine est élevée.

Une farine de bonne qualité, bien conservée, peut absorber de 40 à 60 0/0 d'eau, et sa teneur en gluten varie de 9 à 13 0/0. Mais, la proportion de gluten peut varier considérablement dans les farines de même provenance, suivant les années.

Le meilleur moyen de se rendre compte si une farine,

(1) *Polytechnisches Journal*, 1895.

d'ailleurs saine et bonne pour la panification, est également bonne pour l'amidonnerie, est de déterminer sa teneur en gluten.

A cet effet, on trempe 50 ou 100 grammes de farine et on en fait une pâte assez consistante ; on la place sur un tamis fin et on l'arrose d'eau, tandis qu'on la triture doucement à la main. L'eau entraîne l'amidon et le gluten reste sur le tamis. On le pèse, et du poids trouvé on prend 30 0/0 comme gluten sec. Le séchage ultérieur et une nouvelle pesée apportent la correction nécessaire pour l'exactitude de l'essai.

La qualité de l'amidon et du gluten extraits des farines de panification est généralement excellente si la fabrication est soignée. Les produits sont infiniment plus purs que ceux extraits du froment travaillé en nature, parce que les grains sont généralement mieux nettoyés avant la mouture qu'ils ne le sont en amidonnerie, ensuite parce que les sons et les produits colorés de la mouture sont préalablement séparés de la farine.

Application du procédé

On fait avec la farine de froment une pâte avec 45 à 50 d'eau pour 100 de farine. Cette pâte, on la pétrit à bras ou à l'aide d'un pétrin mécanique, puis on l'abandonne à elle-même pendant une heure en hiver, pendant 25 minutes en été pour laisser l'hydratation se compléter.

Cette pâte est ensuite soumise à un lavage mécanique dans une amidonnière, système Martin (fig. 91), sorte de pétrin ou auge demi-cylindrique dont les parois latérales sont garnies de tamis métallique ou de tamis de soie. Un cylindre cannelé, disposé dans l'auge, est animé d'un mouvement de va-et-vient qui travaille la pâte et la roule sur la paroi intérieure de l'auge. L'eau injectée continuellement par un tube longitudinal placé

au-dessus de l'appareil tient l'amidon en suspension. L'action

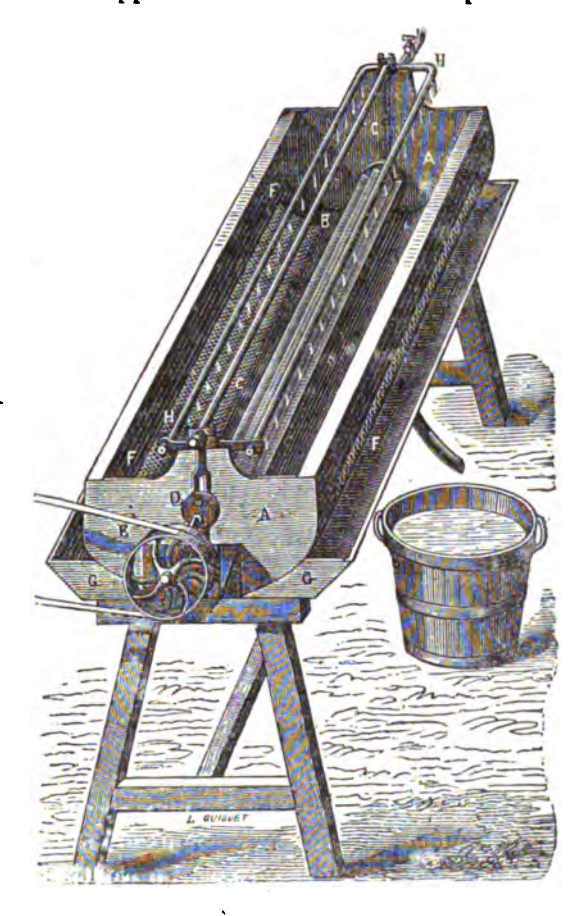


Fig. 91. — Amidonnière, système Martin.

A. Auge. — B. Bouleau cannelé animé d'un mouvement de va et vient. — C. Arbre moteur. — D. Excentrique. — E. Poulie. — FF. Tamis métallique ou de soie. — GG. Auge qui reçoit le mélange féculent. — H. Tube percé de trous qui déverse l'eau sur la pâte.

de l'eau a pour effet de détacher les granules amylacés de la pâte dont le cylindre renouvelle sans cesse les surfaces ; en

même temps les fractions de gluten se rapprochent, adhèrent les unes aux autres pour former finalement une masse plastique et résistante.

Le liquide féculent, passant à travers le tamis de l'appareil, s'écoule par deux rigoles latérales dans une cuve. Cet amidon est ensuite épuré et séché de la manière déjà décrite pour l'amidon de maïs et l'amidon de riz.

Quant au gluten, nous indiquerons plus loin le traitement à lui appliquer pour l'approprier à la consommation humaine.

Dans une amidonnière de 2 mètres de long et de $1^{m},25$ de large, on peut traiter par heure 160 kilogrammes de pâte produite avec 100 kilogrammes de farine ; la quantité d'eau nécessaire pour le lavage est d'environ 5 fois ce poids.

Cet appareil a reçu certains perfectionnements : on a doublé les auges cylindriques dans lesquelles s'effectue le lavage de la pâte, et l'on a installé l'appareil sur une auge remplie d'eau, de manière à baigner la moitié inférieure des toiles qui livrent passage à l'eau chargée d'amidon. Cette modification permet d'éviter l'obstruction des toiles qui sont d'ailleurs faciles à nettoyer à l'aide d'une brosse sous l'eau pendant le cours de l'opération.

On traite dans cette amidonnière la pâte préparée d'avance en pétrissant un sac de farine (159 kilogrammes) avec 75 ou 78 litres d'eau. On divise cette pâte en masses de 1 kilogramme environ, qu'on répartit sur les deux auges. Pour le reste, l'opération est la même que ci-dessus : un ouvrier divise et répartit les pâtes, dégorge de temps à autre les toiles métalliques en les brossant à l'extérieur sous l'eau, tandis que d'une main il écarte un peu la pâte de la toile.

Le lavage de la pâte dure environ une heure ; à ce moment l'eau n'entraîne presque plus d'amidon : on la laisse écouler, et l'on malaxe le gluten restant pendant 5 minutes pour le faire égoutter, on l'enlève et l'on recommence une autre opération.

En supposant que la farine employée contienne 12 0/0 d'eau, on obtient par sac de farine (159 kilogrammes) 50 kilogrammes de gluten égoutté, et comme amidon humide, l'équivalent de 100 kilogrammes d'amidon sec.

Procédés spéciaux pour épurer et blanchir l'amidon de froment

Partant de ce fait que l'amidon de froment retient toujours des quantités plus ou moins importantes de gluten qui y adhèrent mécaniquement et dont la séparation présente souvent de grandes difficultés, on a proposé une foule de recettes pour épurer et blanchir cet amidon. Nous en signalerons les plus importantes.

E. Nash emploie l'ammoniaque pour épurer l'amidon de froment et en séparer le reste de gluten ; il a observé que la solution ammoniacale constitue le meilleur dissolvant du gluten, de la matière colorante et des impuretés solubles de l'amidon, mais qu'elle n'attaque pas ce dernier. Une solution ammoniacale de densité 0,945 est suffisamment concentrée et préférable à la soude ou à la potasse caustique, les solutions saturées de ces dernières substances ayant l'inconvénient d'attaquer l'amidon. L'ammoniaque présente encore l'avantage d'éliminer en même temps de l'amidon les substances astringentes.

L'ammoniaque peut être employé soit à l'état de solution, soit à l'état gazeux ; dans ce dernier cas on l'introduit dans les appareils renfermant l'amidon hydraté. Les vases clos se prêtent le mieux à ce traitement ; pour accélérer l'opération, on peut chauffer un peu l'amidon ; cependant, dans la plupart des cas, on préfère opérer à froid.

Nash recommande d'une manière générale d'ajouter toujours

un peu d'ammoniaque à l'amidon, qu'il soit extrait par fermentation ou avec l'emploi d'une solution de soude. L'amidon traité à l'ammoniaque et débarrassé ensuite des restes de gluten par lavage, est beaucoup moins exposé à fermenter pendant la dessiccation, surtout lorsqu'il contient des traces d'ammoniaque, et dans ce cas la dessiccation est plus rapide.

L'ammoniaque saturée de gluten peut être facilement recouvrée à l'état pur par la distillation; le gluten lui-même ne peut que gagner à ce traitement, il est alors plus facile à conserver.

L'ammoniaque doit toujours être absolument pure ; on peut parfois utiliser pour cela les eaux de lavage du gaz d'éclairage. L'amidon doit être humide, sans quoi il n'absorberait pas le gaz ammoniac.

Pour supprimer la coloration jaune de l'amidon, Samuel Hall recommande l'emploi du chlorure de chaux dilué dans la proportion de $1^{kg},500$ dans 100 litres d'eau. L'amidon achevé est délayé dans l'eau jusqu'à consistance crémeuse, puis additionné de solution de chlorure à raison de 9 litres par kilogramme d'amidon. On mélange bien la masse, on y ajoute encore 20 litres d'eau, puis on laisse en repos pour laisser se déposer les parties insolubles. Au liquide décanté on ajoute ensuite par kilogramme d'amidon 133 grammes d'acide sulfurique dilué dans 3 litres d'eau, on mélange bien la masse afin de mettre l'eau acidulée en contact intime avec toutes ses parties, puis on ajoute encore 18 litres d'eau. On laisse reposer pendant quelque temps, pour laisser déposer l'amidon ainsi épuré et blanchi. On décante l'eau, on la remplace par de l'eau fraîche et fait subir à l'amidon plusieurs lavages successifs pour en éliminer le chlorure de chaux et l'acide, puis on met en forme et on dessèche de la manière habituelle.

L'amidon, traité comme il vient d'être dit, acquiert une éclatante blancheur, à ce qu'on assure, et communique aux dentelles, cotonnades, etc., qu'il sert à apprêter, un lustre, un brillant que ne peut leur communiquer l'amidon ordinaire.

E. Tucker emploie une solution diluée de sel de Glauber, dans la proportion de 6 kilogrammes pour l'amidon obtenu de 1.000 kilogrammes de froment. L'amidon extrait par un des procédés usuels est additionné d'eau, vivement agité ; on laisse déposer et on décante. On renouvelle cette opération deux ou trois fois, puis on ajoute à la masse le sel de Glauber mélangé avec de l'acide sulfurique (1l,125 d'acide par 1.000 kilogrammes de froment). Par ce traitement, on débarrasse l'amidon très rapidement du reste de gluten et des matières étrangères ; il acquiert une belle blancheur, et le rendement en amidon fin augmente sensiblement.

Avec l'emploi de ces substances, on peut se servir de toutes les eaux pour la fabrication de l'amidon.

En opérant d'après le procédé Martin, on débarrasse facilement l'amidon des impuretés, en le traitant avec une faible solution de soude caustique. A cet effet, on délaye l'amidon recueilli sur les plans dans de l'eau additionnée de soude caustique à 2°—3°, en quantité suffisante pour faire virer au bleu le papier rouge de tournesol. On laisse en contact pendant 2 heures environ. On délaie ensuite la masse dans une importante quantité d'eau, on fait passer le mélange par un tamis n° 200 qui retient le gluten gonflé et les impuretés.

On laisse l'amidon tamisé en repos pendant quelques instants pour faire déposer le sable, puis on le coule sur les plans. On obtient ainsi un rendement plus élevé en amidon fin que par les procédés usuels. D'après Martin, ce traitement permet d'obtenir comme amidon fin la presque totalité de l'amidon extrait, tandis que les procédés usuels laissent 25 0/0 d'amidon de qualité inférieure, difficilement vendable.

Utilisation du gluten

Le gluten obtenu est tout à fait exempt de sons et possède une couleur plus avenante que celui qu'on retire du froment. Il reste à savoir s'il a une composition identique dans les deux cas.

L'utilisation du gluten a toujours été très limitée jusqu'à présent. Le mieux serait d'en trouver l'écoulement à l'état frais chez les boulangers qui l'ajouteraient aux farines pauvres en gluten. Dans les années humides, où les blés sont moins riches en gluten, l'amidonnerie pourrait ainsi rendre de grands services à la boulangerie. On ne paraît pas y avoir songé jusqu'à présent.

Actuellement, le gluten extrait dans les amidonneries est soumis à une sorte de fermentation ; il perd alors sa ténacité et s'épaissit plus ou moins. En cet état, il est coulé dans des boîtes métalliques en couche de 2-3 centimètres et séché. A l'état sec il forme des tablettes qui, suivant leur épaisseur, sont opaques ou diaphanes. Pour empêcher le gluten de s'attacher aux boîtes, on les enduit d'un peu d'huile ou de graisse.

Ainsi préparé, le produit est mis dans le commerce sous le nom d'*extrait de gluten* ; il est employé comme colle, notamment en cordonnerie.

L'amidonnerie mettant en œuvre de la farine serait une industrie rémunératrice, très rémunératrice même, si le gluten n'était écoulé que sous forme d'extrait. Malheureusement, on y a introduit des procédés de toutes sortes pour la préparation du gluten, dont les prix de vente sont tellement variables qu'il est absolument impossible d'établir une classification quelconque. Au gluten extrait de la farine on ajoute soit avant, soit après la fermentation, les substances les plus diverses : de la farine de qualité inférieure, de la baryte, du gypse, de la dex-

trine de mauvaise qualité, etc. Parmi les produits ainsi fabriqués, ils'en trouve dont la valeur est plus que douteuse. Il en est résulté une dépréciation générale qui, à son tour, a abouti à l'avilissement des prix de vente.

Il serait facile de remédier à cet état de choses. Les fabricants devraient se mettre d'accord pour ne livrer au commerce que du gluten frais, desséché après fermentation.

Le gluten est, on le sait, une substance riche en azote, et sa valeur nutritive vaut celle de l'albumine, de la caséine et de la viande. Les fabricants d'amidon de froment ont donc grand avantage à l'approprier aux besoins de l'alimentation humaine.

On recommande le procédé suivant :

Pour préparer la farine de gluten, on mélange ce dernier, soit avec de la farine de pommes de terre, soit avec une faible quantité d'amidon brut de froment. L'emploi de la farine de pommes de terre paraît très recommandable, car elle donne au gluten le degré de souplesse nécessaire pour le mettre en formes. Comme cette opération exige un mélange très intime du gluten et de la farine de pommes de terre, on se sert d'un dispositif mécanique qui consiste en une série de cylindres polis superposés, permettant de mettre journellement en œuvre des quantités importantes. On fait d'abord passer le mélange de gluten et de farine entre une paire de cylindres un peu écartés, il en sort sous forme de galette ; on le passe ensuite par des cyliudres de plus en plus serrés jusqu'à ce qu'il constitue une bande de l'épaisseur du papier. Cette bande pliée, comprimée et repassée par les mêmes cylindres, constitue finalement un mélange très homogène.

Les lavages que subit le gluten lui enlevant toujours une partie des sels nutritifs qu'il tient en dissolution, il est bon d'ajouter à la masse quelques millièmes de sel de cuisine et de phosphate de soude.

On porte la masse, préparée comme il vient d'être dit, dans un cylindre ayant la forme d'un appareil à boudin dont le tube

de sortie est terminé par une fente de 1/2 m/m de haut, sur 20 m/m de large. Si l'on fait fonctionner l'appareil, le gluten comprimé sort par la fente sous forme d'un ruban mince qu'on enroule sur des cadres à l'aide d'une toile sans fin. On sèche ces cadres à une douce chaleur ; le gluten se présente alors sous forme d'une masse poreuse, facile à casser en morceaux ou à réduire en farine à l'aide d'un moulin.

On peut aussi réduire le gluten en forme de perles, lorsqu'il est destiné à être ajouté aux autres aliments. Pour perler le gluten, on le pétrit et on l'introduit dans un cylindre à fond perforé à la manière d'une écumoire ; ensuite à l'aide d'un pilon ou d'un piston, on exerce une pression qui chasse le gluten à travers les ouvertures d'où il sort sous forme de petits bâtons ou cylindres. On les coupe à l'aide d'un instrument tranchant, et on les sèche à une douce chaleur de la manière employée pour les rubans. Ces petits cylindres prennent, en séchant, la forme de perles assez irrégulières ; si l'on tient à ce qu'elles soient uniformes, on les met dans un tonneau et on les roule en tous sens pendant quelques instants. Les grains, par suite du frottement qu'ils subissent, se transforment en boulettes ; il suffira ensuite de les tamiser pour en séparer la farine et obtenir ainsi du gluten perlé très régulier, prêt à être mis dans le commerce.

La fabrication du gluten dans ces conditions devient assez rémunératrice pour inciter les amidonneries de froment à tenter un essai.

Ajoutons que le gluten se mange de préférence avec la purée de pommes de terre.

Nouveaux procédés de traitement et de conservation du gluten

Le gluten obtenu comme sous-produit dans l'amidonnerie de froment sert principalement à préparer du pain pour diabétiques, des nouilles, etc. A cet effet, on mélange le gluten avec la pâte, dont on augmente ainsi la teneur en matières protéiques.

Mais, le gluten employé à ces usages ne doit être vieux que d'un jour, car il s'oxyde rapidement au contact de la pâte humide et entre en fermentation. C'est pourquoi on a cherché à le dessécher, en le mélangeant avec des matières avides d'humidité, telles que la farine, la fécule, etc., en quantité suffisante pour lui enlever sa consistance tenace et le diviser en vue du séchage. Mais dans ce cas le gluten ne peut plus servir aux diabétiques.

M. A. Morel à Paris a réussi à le réduire sous une autre forme par la congélation. Le gluten perd ainsi sa consistance gluante, devient friable et peut être réduit en farine. L'eau contenue dans le gluten, réduite à l'état de cristaux par la congélation, est évaporée dans un appareil à vide à une température relativement basse et sans danger d'oxydation ni d'autres modifications du gluten. Le gluten ainsi obtenu constitue un produit absolument pur, de conservation facile, qu'il suffit d'hydrater pour lui rendre son élasticité.

En dernier lieu, M. Morel accélère la dessiccation du gluten en le soumettant à une forte pression pendant la congélation de façon à en éliminer une grande partie de son eau, ce qui active l'évaporation. L'invention de M. Morel constitue un réel progrès dans la préparation du gluten pur. Ce procédé se recommande aux amidonneries de froment qui ne transfor-

ment pas le gluten en colle pour cordonniers, ou qui n'ont pas l'écoulement du gluten frais.

L. Wenghöffer à Berlin a pris un brevet (brev. all. 119.144) pour un procédé de traitement du gluten avec la vapeur d'eau. Pour débarrasser le gluten de la proportion importante d'amidon qui y reste généralement mélangé, et pour le rendre par suite plus nutritif en augmentant sa teneur en azote, on le chauffe dans un autoclave sur des plateaux perforés, en couche d'environ 5 à 10 centimètres, pendant 1 heure, à une surpression de 1 atmosphère, puis on laisse échapper la vapeur. Par suite de la diminution de pression, la masse poreuse obtenue se gonfle et son volume augmente d'environ un tiers. Ces masses poreuses sont faciles à broyer ; on les débarrasse de l'amidon par une série de lavages à l'eau. Ensuite on fait sécher la matière pendant 12-24 heures à une température de 30-40° C. et finalement on la réduit en poudre fine dont la teneur en albumine est d'au moins 90 0/0.

RENDEMENTS DE LA FABRICATION DE L'AMIDON DE FROMENT

Nous ne possédons sur ce sujet que les résultats d'expériences déjà anciennes, mais soigneusement établies par Fesca, dans lesquelles sont déterminés les rendements en amidon et en sous-produits, tels qu'on les obtient dans les différents procédés de fabrication.

L'auteur a calculé les matières albuminoïdes en multipliant l'azote par le facteur 6,25. La matière grasse, les matières minérales et la partie réfractaire à l'action d'une solution diastasique sont dosées directement. La somme des éléments dosés directement, retranchée de 100, donne une différence qui est mentionnée sous la rubrique « amidon et autres substances », mais qui se compose principalement d'amidon.

I. — Fabrication d'amidon en partant du froment en grains, avec fermentation acide et emploi du centrifuge.

PRODUITS FOURNIS PAR 100 DE GRAINS :

Amidon de 1re qualité à environ 15 % d'humidité. .	58,968
Amidon glutiné dont le gluten est acide et insoluble .	5,578
Sons	11,467
Matières contenues dans les eaux de fabrication . . .	23,987
	100,000

COMPOSITION DES SOUS-PRODUITS :

	Amidon glutiné	Sons
Eau	8,720	11,700
Albumine.	26,188	10,156
Chaux et magnésie.	0,376	0,301
Acide phosphorique	0,871	0,393
Matière grasse / Résidus de lavage / Amidon et autres substances.	63,845	77,450

Ces résidus, ainsi que l'amidon glutiné, sont donnés presque exclusivement aux porcs.

II. — Fabrication de l'amidon, en partant des grains, sans fermentation acide.

1° Les drèches à l'état humide sont mélangées avec l'amidon glutiné extrait du centrifuge et séchées, de sorte que le produit sec ainsi obtenu représente la totalité des matières alimentaires du bétail, à l'exception des eaux glutinées fournies par le lait d'amidon brut.

PRODUITS DE 100 DE GRAINS :

Amidon de 1re qualité à environ 15 % d'humidité . .	51,939
Matières alimentaires du bétail » » . .	34,420
Matières contenues dans l'eau de fabrication.	13,641

COMPOSITION DES MATIÈRES ALIMENTAIRES :

Eau	9,040
Albumine	27,781
Chaux et magnésie	0,491
Acide phosphorique	0.746
Matière grasse	3,630
Résidus de lavage	49,625
Amidon et autres substances	8,687
	100,000

2° Le gluten insoluble a été séparé des sons dans l'appareil centrifuge et ajouté à l'amidon glutiné obtenu par l'essorage de l'amidon brut ; le tout, séché et moulu, constitue la farine glutinée. Les sons, avec une partie de gluten insoluble qui y est mélangé, furent séchés et moulus, ils constituent les sons glutinés. La cellulose finement divisée et les germes des grains qui sont retenus sur les tamis fins, furent séchés et désignés comme sons. Les gras extraits du centrifuge de raffinage, en tout semblables à l'amidon glutiné obtenu par l'essorage de l'amidon brut, furent séchés et désignés comme amidon glutiné.

PRODUITS DE 100 DE GRAINS :

Amidon de 1re qualité à environ 15 °/₀ d'humidité	54,204
Farine glutinée » »	11,739
Sons glutinés » »	17,818
Sons » »	1,338
Amidon glutiné » »	0,676
Matières contenues dans les eaux de fabrication	14,225
	100,000

COMPOSITION DES SOUS-PRODUITS :

	Farine glutinée	Sons glutinés
Humidité	9,14	9,87
Albumine	38,33	21,91
Résidus de lavage	46,67	68,99
Amidon et autres substances	5,86	0,22

	Sons	Amidon glutiné
Eau	6,59	8,47
Albumine	22,01	6,29
Résidus de lavage	47,00	25,83
Amidon et autres substances	24,40	59,41

3° Dans l'expérience précédente, la séparation du gluten des sons a été défectueuse par suite d'une erreur de manipulation. Ce travail fut repris et exécuté d'une façon normale; on a obtenu alors pour 100 de grains 11,66 de sons glutinés, qui contenaient :

Eau	10,82
Albumine	13,16
Autres substances	76,02
	100,000

Ce résultat est important, car il prouve qu'on peut extraire des résidus une quantité bien plus importante d'aliments secs et vendables, que ne le faisait prévoir l'expérience précédente.

III. — Fabrication de l'amidon, en partant de la farine, d'après le procédé Martin et avec emploi de la turbine centrifuge.

PRODUITS DE 100 DE FARINE :

Amidon de 1re qualité à environ 15 % d'humidité	44,720
Gluten insoluble » »	13,283
Amidon glutiné » »	22,517
Matières contenues dans les eaux de fabrication	19,480
	100,000

COMPOSITION DES SOUS-PRODUITS :

	Gluten	Amidon glutiné
Eau	7,95	9,78
Albumine	81,69	4,57
Amidon et autres substances	10,36	85,65
	100,00	100,00

IV. — Extraction de l'amidon de la farine de froment sans pétrissage, d'après Fesca :

PRODUITS DE 100 DE FARINE :

Amidon de 1re qualité à environ 15 % d'humidité. . .	40,03
Farine de gluten » » . . .	54,32
Matières contenues dans les eaux de fabrication. . . .	5,65
	100,00

COMPOSITION DE LA FARINE DE GLUTEN :

Eau	10,86
Albumine	21,62
Amidon et autres substances	67,52
	100,00

CHAPITRE XIV

FABRICATION DE L'ARROW-ROOT, DU SAGOU ET DU TAPIOCA

L'ARROW-ROOT

L'arrow-root est une sorte de fécule extraite des plantes (racines) de la famille des *Marantacées*, et notamment des *Maranta arundinacea* et *indica*, qui végètent principalement dans les Indes orientales et les Indes occidentales. Il y a encore, en outre, toute une série de plantes qui fournissent une fécule analogue. Ainsi, l'arrow-root de Portland est extrait du manioc (*Manihot utilissima*), l'arrow-root des Indes orientales du *Curcuma angustifolia*, l'arrow-root de Tahiti des racines du *Tacca oceanica*.

Comme nous l'avons déjà fait observer au chapitre relatif à l'amidon, l'arrow-root se présente sous forme d'une poudre d'une éclatante blancheur. Comme il se compose uniquement d'amidon et que les matières albuminoïdes indispensables à tout aliment parfait lui font défaut, l'arrow-root ne mérite pas la réputation dont il jouissait autrefois. Cependant, eu égard à sa grande solubilité et, par suite, à sa facile digestibilité, c'est un auxiliaire précieux lorsqu'on le combine avec le lait ou avec d'autres aliments riches en albumine.

EXTRACTION DE LA FÉCULE DE MANIOC AUX ÉTATS-UNIS (1)

Il existe aux Etats-Unis plusieurs usines qui se livrent à la fabrication du tapioca. On emploie, à cet effet, les racines de deux espèces d'Euphorbiacées qui sont : 1° le *Manihot utilissima* ou cassave amère ; 2° le *Manihot Aipi* ou cassave douce.

Le jus exprimé de la variété amère, *M. utilissima*, contient 0,5 0/0 d'acide cyanhydrique et est par conséquent vénéneux à l'état brut. La variété douce, *M. Aipi*, ne contient que des traces de cet acide et doit dès lors être considérée comme non vénéneuse ; d'ailleurs ces racines sont consommées comme légumes. La première variété se distingue en ce que ses feuilles palmées sont à sept divisions, tandis que les feuilles de la seconde, non vénéneuse, ne possèdent que cinq divisions. L'une et l'autre variété, cependant, sont également importantes comme matières premières de la fabrication de la fécule et pour l'alimentation. La plante est originaire des Indes Occidentales; elle est répandue actuellement dans la plupart des régions tropicales : elle est cultivée sur une grande échelle dans les Indes Orientales, au Brésil, etc., en vue de l'extraction de la fécule qui, sous forme de tapioca et d'arrow-root, constitue un important article d'exportation.

On détruit complètement le principe vénéneux en chauffant et concentrant le jus ; celui-ci est alors propre à la consommation sous forme de *sauce* (*cassareep sauce*) à cause de son parfum. La première variété est la plus importante des deux à ce point de vue dans l'économie domestique.

Les racines sont recouvertes d'une écorce mince, fibreuse, brun rougeâtre, qu'on enlève par lavage ou par grattage ; c'est

(1) D'après Geo Archbold, *Journ. of Soc. of chem. Ind.*, 1902.

cette écorce qui, dans la variété tropicale, contient une grande partie du principe toxique : mais, comme celui-ci est volatil, on l'élimine facilement par le chauffage.

Wiley, dans deux expériences entreprises dans le but de déterminer la teneur en fécule dans des racines fraîches récoltées en Floride, a trouvé 25,97 et 23,60 0/0 de fécule, soit en moyenne 24,75 0/0. L'auteur a analysé plus de 100 échantillons de racines de manihot de la Jamaïque ; il a trouvé une moyenne de 26,23 0/0 de fécule. La fécule obtenue possédait toutes les caractéristiques du meilleur amidon de maïs. Les racines contenaient, en outre, 4 0/0 de sucre de canne.

Analyses de racines de Manihot

	Racines à l'état naturel	Racines desséchées	Farine
Eau	66,745	5,170	10,560
Protéine	0,855	2,455	1,310
Matière grasse	0,188	0,525	1,500
Résines, alcaloïdes, etc . . .	0,115	0,325	0,640
Amides et sucres	5,650	16.090	16,540
Fibres brutes	1,685	4,800	2,960
Fécule	24,075	68,530	64,630
Cendres	0,740	2,105	1,860
Potasse.	0,300	0,860	—
Acide phosphorique	0,080	0,235	—

Le Manihot concurrent du maïs. — Des analyses ci-dessus, il est permis de conclure qu'avec une installation convenable, on peut retirer des racines fraîches de manihot en moyenne 25 0/0 de fécule pure, tandis que le maïs en rend 53 0/0 et les pommes de terre 18 0/0. Or, un acre de terre fournit 40 bushels de maïs qui à leur tour rendent 12 livres d'amidon, tandis qu'on récolte sur une surface égale 10 tonnes de manihot qui

fournit 6720 livres de glucose et 600 livres de fécule. Des renseignements reçus de M. Perkins, de la Floride, qui s'est beaucoup occupé de la culture de manihot au point de vue de l'extraction de la fécule, il résulte qu'on peut atteindre des rendements beaucoup plus élevés en Floride.

A la Jamaïque, où les plantes végètent pendant toute l'année, il serait facile, par une culture soignée et conforme aux enseignements modernes, d'obtenir couramment des rendements de 20 tonnes par acre, soit dix fois plus de fécule que sur une égale surface plantée de maïs. Si l'on voulait entrer sérieusement dans cette voie à la Jamaïque, où la main-d'œuvre est bon marché, cette île ne tarderait pas à devenir un facteur important pour l'établissement du prix de la fécule sur le marché international. Même à la Floride, la fabrication de la fécule de manihot, dans son état actuel, montre que cette industrie est appelée à occuper une place importante aux Etats-Unis, car la culture du manihot peut être développée dans plusieurs Etats autres que la Floride.

Les amidons du commerce. — Tous les amidons extraits des céréales sont de couleur blanche et se présentent en amas irréguliers, appelés aiguilles ou cristaux. La fécule de manihot est la seule, parmi les fécules extraites des racines, qui partage cette propriété. La fécule de pommes de terre et celle d'arrow-root sont à l'état pulvérulent, mais ne se présentent pas en amas compacts. Comme la demande d'amidon en aiguilles est toujours très grande, la fécule de cassave remplacerait facilement l'amidon extrait des céréales et celles-ci retourneraient à leur destination première, qui est l'alimentation humaine.

Procédé de fabrication de la fécule de Cassave. — Trois fabriques se sont installées en Floride pour l'extraction de la fécule de cassave ; parmi elles, la « Planters Manufacturing C° » fait de bonnes affaires. Le procédé employé est le même que pour la fabrication de la fécule de pommes de terre. On avait

d'abord pensé que le matériel ordinaire de la féculerie suffirait pour cette fabrication ; mais on n'a pas tardé à s'apercevoir de la nécessité d'employer un outillage spécial adapté aux conditions nouvelles et à la nature de la matière première.

M. Perkins, président et administrateur de la « Planters Manufacturing C° », qui fabrique, chaque année, environ 1.000 tonnes de fécule en grains analogues à ceux de l'arrow-root, a correspondu avec l'auteur au sujet des difficultés à surmonter avec l'ancien matériel de féculerie, dans le but d'obtenir la fécule dans le même état que l'amidon de maïs et d'arriver à des rendements élevés, ceux obtenus avec le matériel de féculerie de pommes de terre ne dépassant pas 20 0/0.

L'auteur a réussi à établir un matériel qui permet d'extraire complètement les 25 0/0 de fécule anhydre, ce qui correspond à 27,5 0/0 de fécule à 10 0/0 d'humidité, exempte de fibres et de matière azotée, et possédant à l'état sec la même forme irrégulière que l'amidon de maïs. Cette installation perfectionnée revient à 25 0/0 meilleur marché que celle de féculerie de pommes de terre, la fabrication est parfaitement automatique et continue, et économise par là même une grande partie de la main-d'œuvre. Le problème de la fabrication de la fécule de cassave sur une base commerciale peut donc être considéré comme résolu. L'installation permet de travailler 100.000 kilogrammes de racines par journée de 10 heures. Une fabrication entière, depuis l'entrée des racines dans l'usine jusqu'à ce que la fécule soit achevée et prête à être livrée, n'est que de trois jours, alors que la fabrication de l'amidon de maïs exige de douze à quatorze jours dans les conditions les plus favorables.

Lavage des racines. — La première phase du travail consiste à laver les racines ; cette opération s'effectue d'une manière très simple : le laveur consiste en une vis d'Archimède qui tourne dans une auge inclinée. Les racines y sont chargées à l'extrémité inférieure ; elles sont charriées de bas en haut

par la vis à la rencontre d'un courant d'eau venant en sens inverse, et quittent l'appareil, parfaitement propres, à la partie supérieure. Cet appareil est en tout semblable à celui employé pour le lavage des betteraves en sucrerie.

Râpage de racines et extraction de la fécule. — Les racines lavées sont conduites à l'appareil de râpage par une courroie sans fin en caoutchouc. La râpe est une modification de la râpe champonnois, adaptée plus spécialement à la nature des racines de manihot. Elle consiste en un cylindre à trois compartiments, armé de dents de scie et tournant verticalement. Les racines y sont introduites par le haut, et la pulpe produite en sort à la partie inférieure pour se rendre au moulin. Celui-ci lave la pulpe d'une manière uniforme, désagrège les cellules de façon que l'eau enlève la fécule en n'entraînant qu'une faible proportion de tissu fibreux. En cet état, la fécule tombe du moulin dans le « séparateur », qui est un appareil conique en fer, analogue au séparateur de Lockhart employé pour la préparation du minerai (voir l'appareil analogue breveté de Uhland à la fin du volume). La pulpe, en tombant par un tuyau adapté au centre de ce séparateur conique, rencontre un courant d'eau qui entraîne la fécule vers le haut à travers un diaphragme en *toile métallique*, dans la partie supérieure du cône, à une faible distance de la sortie. Quand la pulpe est épuisée, elle est déchargée automatiquement à la base du cône, tombe sur une courroie et passe entre des cylindres en caoutchouc pour être débarrassée de son eau.

Le lait de fécule impur marquant 3° B s'écoule vers les bassins de dépôt. Ceux-ci consistent en deux cylindres en fer mesurant 9 pieds sur 12 de diamètre, le fond se terminant en un cône à angle de 50°, avec une valve de vidange de deux pouces. Dans le centre du cône se trouve un cylindre en cuivre de 10 pouces de section, fixé à 18 pouces au-dessus du fond. La fécule impure descend par ce tube vers le fond du cône. Elle s'élève ensuite dans l'espace plus large compris entre le tube

et le cône où elle diminue de vitesse. Le mouvement de haut en bas de la fécule dû à son poids spécifique surmonte le mouvement du liquide qui s'écoule continuellement par le tuyau adapté à la partie supérieure de l'appareil, tandis que la fécule, à un état très concentré (généralement 8° B), est continuellement évacuée par la valve qui se trouve à la base du cône, et dirigée dans un bac mélangeur situé à un plan plus bas, où elle est traitée par un alcali ou par d'autres produits chimiques, puis élevée à l'étage au-dessus dans des « régulateurs »; de là elle se rend dans des tamis à secousses situés à l'étage au-dessous, et de ceux-ci dans les derniers cônes d'épuration. Ces tamis à secousses sont analogues à ceux décrits pour l'amidon de maïs (1). L'emploi des tamis à secousses pour séparer la fécule de la pulpe disparaît ici complètement, car, étant donnée la nature de la pulpe, il serait impossible d'obtenir une séparation complète avec ces secoueurs, ainsi qu'on en a fait l'expérience à l'usine de la Floride où 6 0/0 de la fécule au moins passaient dans les eaux résiduaires, etc.; et pour extraire 20 à 25 0/0 de fécule, il a fallu 25 0/0 de temps de plus qu'avec le séparateur décrit ci-dessus qui retire d'un seul coup toute la fécule de la pulpe. Le lait de fécule, après avoir passé par le secoueur, est débarrassé de toutes les fibres adhérentes avant de passer par les cônes d'épuration. Ceux-ci ont la même forme et les mêmes dimensions que ceux déjà décrits, avec cette différence cependant que la fécule peut y être complètement épurée et débarrassée de toutes ses matières étrangères. Dans le centre est suspendu un tuyau conique dans un autre plus grand et de même forme; à la base du cône se trouve un système d'agitation qui empêche la fécule de se tasser trop fortement.

Le lait de fécule, venant du tamis secoueur, s'écoule par un tuyau de section progressivement croissante, dans les ap-

(1) Pour bien comprendre le fonctionnement de ces cônes d'épuration, voir la description du brevet Uhland à la fin du volume. Les appareils paraissent être les mêmes que ceux du brevet.

pareils coniques où il est divisé par le dispositif conique ; dans les bassins coniques, le liquide s'élève ensuite dans l'espace de section croissante où il subit une diminution de vitesse, ce qui permet à la fécule, en vertu de son poids spécifique, de vaincre le mouvement du liquide et de se déposer, tandis que l'eau s'écoule continuellement par un tuyau adapté à la partie supérieure de l'appareil.

Le lait de fécule, complètement épuré, est enlevé à la partie inférieure du cône et pompé dans les bacs à agitateur situés à un étage au-dessus. Ces bacs sont en bois de cyprès et mesurent 10 pieds sur 10 ; ils sont munis de transmission et d'agitateurs qui maintiennent la fécule en suspension pour être déversée dans les bachots ; ceux-ci ont 7 pieds sur 7 et 5 pieds 7,5 pouces de long mesurés intérieurement ; ils sont à fond perforé et tapissés de mousseline. Ces bacs sont placés côte à côte sur une table munie d'une chambre à vide, le lait de fécule s'y écoule et l'eau en est extraite au moyen de pompes à vide. Ici la fécule est débarrassée de 75 0/0 de son eau et se transforme en un long bloc de fécule solide, que l'on découpe en cubes de 7 pouces ; on les enveloppe dans des papiers et les place à l'étuve, comme pour l'amidon de maïs, suivant description que nous en avons donnée plus haut. Dans cette méthode, la fécule n'exige ni ressuyage, ni grattage, car dans les dernières phases de la fabrication elle a été débarrassée de toutes les impuretés, ce qui procure une grande économie de temps et réduit considérablement les frais de fabrication.

Détail intéressant à noter, l'amidon de maïs peut être fabriqué d'après ce même procédé avec un égal succès et avec une diminution de 15 0/0 des frais de fabrication sur les autres procédés. Pour le maïs on commence le travail au « séparateur », supprimant ainsi le système lent et coûteux des tamis à secousses et le système de séparation sur plans inclinés. En outre, l'amidon n'est plus ainsi exposé à une atmosphère

chargée de germes de microbes et n'exige pas l'emploi de moyens préventifs dans chaque phase de la fabrication pour l'empêcher de surir ou de fermenter. L'atmosphère d'une féculerie ordinaire contient de 200 à 500.000 germes vivants par centimètre cube, suivant l'époque de l'année. Si l'on considère ces chiffres, on ne s'étonnera plus que la fécule ou l'amidon finit par être envahi par les microbes et surit; d'où la nécessité d'employer des alcalis libres, tandis que la fécule fabriquée d'après le nouveau procédé est exempte de tous ces inconvénients. Au point de vue de la pureté, le produit achevé égale le meilleur arrow-root des Bermudes et possède en même temps toutes les caractéristiques de l'amidon de maïs pur sous ses différentes formes commerciales.

Fabrication du tapioca

La fécule sortant des bachots et contenant 25 0/0 d'eau peut être divisée et transformée en tapioca, produit dont on connaît l'importance commerciale. A cet effet, on la fait passer dans un cylindre rotatif à vapeur et muni d'une double enveloppe, et on y injecte la vapeur. Celle-ci évapore l'humidité et fait dissoudre en même temps une partie des granules d'amidon qui prennent dès lors la forme de perles semi-translucides bien connue du tapioca. Le cylindre est muni intérieurement de gratteurs rotatifs.

Fabrication de glucose

La pulpe est enlevée directement des moulins au moyen de pompes et transportée dans une cuve de saccharification de dimensions convenables, chauffée par la vapeur au moyen

d'un serpentin en cuivre. Dans ce bac, la pulpe est délayée avec de l'eau et additionnée d'acide chlorhydrique. On chauffe ensuite jusqu'à l'ébullition ; la fécule encore contenue dans la pulpe et une partie de celle-ci sont rendues solubles. La matière est ensuite coulée dans un saccharificateur fermé en cuivre et soumise à une pression de 30 livres par pouce carré pendant 10 minutes ou jusqu'à ce que l'on ait atteint le degré voulu de saccharification, dont on contrôle la marche au moyen de l'épreuve par l'iode. La teinte à laquelle la saccharification est complète correspond au degré 153 du polariscope. La saccharification étant achevée, la matière est transvasée dans un bac de neutralisation où elle est neutralisée presque complètement avec du carbonate de soude, puis passée au filtre-presse, et enfin filtrée dans un filtre à charbon. Elle a alors une densité de 15° B. On l'évapore dans un triple effet et la concentre à une densité de 28° B, puis on la filtre de nouveau sur charbon ; finalement on l'évapore jusqu'à une densité de 45° B dans un appareil à vide, on la refroidit et elle est alors prête à être expédiée en fûts.

Tel est le procédé dans ses grandes lignes ; c'est sensiblement le même que pour la fabrication de la glucose de maïs (voir amidon de maïs).

Sous-produits. — La matière fibreuse qui est restée dans le filtre-presse est mélangée avec le magma épuisé et pressé venant du séparateur de fécule ; on la dessèche et la vend pour l'alimentation du bétail, elle contient 25 0/0 de protéine, des phosphates, etc. Un échantillon de glucose à 45° B., fabriqué d'après ce procédé avec la pulpe de cassave, fut comparé avec un échantillon de glucose de maïs de même densité, fabriquée par la Edwardsburgh Starch C°, qui est la plus grande fabrique de glucose du Canada ; elle soutient très bien la comparaison à tous les points de vue.

Fabrication de l'arrow-root a la Jamaïque

Le Maranta indica est l'objet de cultures très importantes à la Jamaïque. Les racines de cette plante exigent 12 à 13 mois pour atteindre leur complet développement. A ce moment, elles renferment environ 16 0/0 de fécule : on les lave et les réduit en une pulpe fine dans de grands mortiers ou au moyen de râpes. La pulpe est lavée à l'eau pure dans de grands récipients, et l'eau féculente passée à travers des tamis ou des toiles à mailles peu serrées. Les résidus restés sur le tamis sont pressés et rejetés. L'eau féculente est laissée en repos et décantée après clarification, et le dépôt soumis à de nouveaux lavages ; la fécule pure finalement obtenue par déposage est débarrassée de l'excès d'eau à l'aide d'un filtre, puis séchée au soleil.

Fabrication de l'arrow-root aux iles Bermudes

Aux îles Bermudes, les racines de Maranta sont d'abord lavées et débarrassées de leur enveloppe extérieure. Cette opération est particulièrement soignée, car l'enveloppe contient une matière résineuse qui colore la fécule et lui communique un goût spécial qu'il est impossible de faire disparaître. Les racines, épluchées après un nouveau lavage, sont réduites en une pulpe fine. Celle-ci est ensuite mise dans un cylindre perforé où elle est triturée par des agitateurs mécaniques, et arrosée par un jet d'eau continu qui entraîne les grains de fécule à travers les trous dont il est muni ; les fibres et la pulpe restent dans le cylindre. Le liquide féculent est passé à travers une série de tamis, puis dirigé dans des cuves de dépôt. La fécule qui s'y dépose est encore soumise à une

série de lavages, puis décantée. Cette opération a pour but d'éliminer les impuretés de la fécule et d'obtenir celle-ci à l'état pur.

Pour la dessécher on la charge dans des marmites roulantes en cuivre qu'on recouvre pour empêcher la poussière et les insectes de s'y déposer. Lorsque la farine est bien sèche, on la met en tonneaux.

Fabrication de l'arrow-root aux Indes orientales

Dans les Indes orientales on opère d'après un procédé analogue à celui usité à la Jamaïque pour l'extraction de la fécule de Curcuma angustifolia. La fécule extraite des tubercules de cette plante est connue sous le nom de tik ou tikor.

D'après Pereira, le tikor blanc a l'apparence du sel blanc finement pulvérisé et ne présente pas au toucher la fermeté caractéristique de l'arrow-root des Indes occidentales.

Arrow-root de Portland

L'arrow-root ou sagou de Portland est préparé de la même manière que les précédents : les tubercules de l'Arum maculatum sont râpés à la main ou broyés avec des outils dans un mortier, et la pulpe lavée à l'eau pure, etc. Le produit final se présente sous forme d'une poudre blanche composée de grains très ténus, de forme aplatie et polygonale, dont on perçoit facilement le noyau central.

Arrow-root du Brésil ou cassave

L'arrow-root du Brésil est extrait principalement du manioc (*Manihot utilissima* Pohl) et du Maranta arundinacea déjà mentionné.

La fabrication de l'arrow-root a une grande importance au Brésil, notamment dans la province de Santa-Catharina, qui, s'il faut en croire certains auteurs, ne compte pas moins de 14.000 fabriques avec une production annuelle de 500.000 alqueires (200.000 kilogrammes) d'arrow-root. Dans les bonnes années, le prix de l'arrow-root tombe à 1-2 milreis (6 fr. 25 à 11 fr. 50) l'alqueire (1); tandis que dans les années mauvaises, il s'élève jusqu'à 8 milreis (50 francs) et au-dessus.

Les meilleures sortes d'arrow-root du Brésil viennent de Bahia, Rio-de-Janeiro; les sortes moins bonnes viennent de Para.

Le Dr Simmonds donne les détails suivants sur cette industrie au Brésil (2).

Le *Maranta arundinacea* végète principalement dans la province de Para; il présente deux variétés, dont l'une à racine longue et épaisse est la plus riche en amidon. L'arrow-root, après avoir été traité à l'eau de rivière, est parfois entassé dans des silos où il subit une sorte de fermentation et forme alors une masse plastique appelée *puba*. On fait subir une fermentation analogue à l'arrow-root extrait du manioc. Cette plante est cultivée sur des surfaces considérables en vue de l'extraction de la fécule. On en distingue deux variétés principales qui sont : le Manihot utilissima, qui est vénéneux (3), et le Manihot Aipi, plante douce. Le manioc semble être réellement originaire du Brésil; il est également cultivé aux environs de Calcutta, à Madras, etc. A la côte de Coromandel, ses racines deviennent plus ligneuses.

Les racines de la variété amère (cassave) atteint une lon-

(1) 2,50 alqueires = 1 kilogramme.

(2) *Pharm. Journ. and Transactions.*

(3) Les racines de *Manihot utilissima* renferment un poison violent (vraisemblablement de l'acide prussique), soluble dans l'eau et qu'on enlève par lavage ou qu'on détruit par la chaleur. Il disparaît complètement par les opérations de la fabrication.

gueur d'environ 1 mètre. Elle occupe une large place dans l'alimentation : on en fait du pain. A cet effet, on réduit la racine en bouillie, on presse celle-ci et l'on chauffe le tourteau. La pression suffit généralement pour enlever à la bouillie, avec son suc laiteux, la majeure partie de son poison, ce qui en reste est détruit par la chaleur. En chauffant l'amidon encore humide extrait de la racine, on obtient le tapioca du commerce.

Le cassave est beaucoup cultivé au Brésil et au Vénézuela, aux environs de Caraccas, où la température est très douce (15 à 21° C) durant toute l'année.

Le cassava se reproduit par boutures ; sa végétation exige des terrains fertiles, un peu élevés ; c'est une plante épuisante. Au bout de 8 mois, la racine a atteint un développement suffisant ; mais elle augmente encore si on la laisse en terre et atteint alors jusqu'à 15 kilogrammes.

Au Brésil, on emploie deux méthodes pour extraire l'arrow-root : on opère par voie sèche ou par voie humide. Lorsqu'on opère par voie humide, on râpe les racines, on abandonne la pulpe à elle-même pendant quatre à six jours, on la triture ensuite, on presse, on mélange les tourteaux avec un peu de pâte de manioc fermenté et on les cuit au four. Le procédé par voie sèche consiste à presser immédiatement la pulpe obtenue par râpage et à la cuire au four.

L'extraction de la fécule de la racine se fait de la manière ordinaire ; on pétrit la pulpe dans des sacs ou sur des tamis sur lesquels on fait arriver un jet d'eau, on laisse déposer l'eau féculente, on lave la fécule à plusieurs reprises et on la fait sécher au soleil.

Le sagou

Le *Sagou*, comme article de consommation, occupe une grande place dans les échanges internationaux. On en dis-

tingue trois sortes : le sagou proprement dit, le sagou perlé ou tapioca et le sagou artificiel.

Le sagou est fabriqué principalement aux Indes et à Ceylan, à Bornéo, aux îles Philippines, en Australie, etc. Contrairement à ce qui a lieu pour les autres sortes d'amidon, le sagou n'est pas extrait des fruits ou tubercules des plantes, mais de la moelle de certains palmiers, principalement de l'espèce Metroxylon, Sagus Kœnigii, Sagus Rumphii, Sagus Farinifera, etc., et de certains individus de la famille des Cycadées. Le tronc des arbres à sagou atteint une hauteur de 5 à 9 mètres, son écorce recouvre une moelle amylacée très abondante. C'est cette moelle qui fournit la farine avec laquelle on fabrique le sagou ; on la récolte avant la floraison du palmier.

A cet effet, on coupe l'arbre à la racine, on le débite en quartiers longitudinaux pour mettre la moelle à découvert, on le débarrasse de son écorce à l'aide d'instruments de bambou, on en retire la moelle, et on la met dans des auges. Un arbre peut fournir jusqu'à 400 kilogrammes de sagou. La moelle est triturée et lavée à plusieurs reprises à grande eau et tamisée ensuite à travers une toile qui retient les fibres végétales.

Le liquide tamisé ne tarde pas à déposer une farine blanche qu'on fait sécher ensuite au soleil. Cette farine est délayée dans l'eau et triturée de nouveau ; on laisse déposer comme la première fois, et finalement on presse la pâte à travers des tamis faits de fibres de cocotiers. La masse friable ainsi obtenue est mise sur de grandes nappes et soumise à un roulement qui a pour effet de la transformer en petites boulettes. On introduit celles-ci dans des marmites en fer ou en cuivre, chauffées et enduites intérieurement de graisse végétale. Pour empêcher la pâte de s'attacher, on agite continuellement ; dans cette opération, les grains de sagou se dessèchent partiellement et prennent l'apparence vitreuse qui leur est propre.

Le mode d'opérer diffère parfois de celui que nous venons d'indiquer : on fait passer le sagou brut, trituré et mélangé avec une certaine quantité d'eau, à travers une série de tamis métalliques superposés et à mailles décroissantes de haut en bas, pour le faire tomber sur des marmites chauffées, enduites de graisse végétale comme dans le procédé ci-dessus.

Au contact de la température élevée de ces ustensiles, une partie de l'amidon se transforme en dextrine, par suite les grains s'attachent les uns aux autres. Les perles ainsi formées sont portées sur un tamis secoueur où elles s'arrondissent et sèchent.

Le tapioca

Le tapioca, comme nous l'avons vu plus haut, a beaucoup d'analogie avec le sagou, tant sous le rapport de sa composition chimique que par son mode de préparation et son emploi dans l'alimentation. Il ne se distingue extérieurement du sagou que par sa conformation : ses grains sont à angles aigus, plus opaques et le plus souvent soudés les uns aux autres.

Le pays originaire du tapioca est le Brésil où on l'extrait des racines du manioc (*Manihot utilissima* et *Manihot Aipi*) par des procédés analogues dans leurs grandes lignes à ceux usités pour la fabrication du sagou. Les racines du manioc, longues de 30-60 centimètres, sont râpées et la pulpe soumise à une série de lavages ou tamisages, puis décantée après dépôt. L'eau féculente obtenue est laissée en repos.

La suite de la fabrication consiste ensuite à granuler la fécule encore humide à l'aide de tamis spéciaux et à chauffer sur des plateaux métalliques les grains formés par le tamisage ; dans cette opération, l'amidon est partiellement réduit

en empois, ce qui a pour effet de lui donner l'apparence vitreuse que présente le tapioca du Brésil.

Le tapioca vendu par le commerce européen est importé en partie des tropiques ; mais on en fabrique également en France avec de la fécule de Cassave, ou avec de la fécule de pommes de terre. La valeur alimentaire du tapioca indigène est sensiblement la même que celle du tapioca exotique, de sorte que les différences de prix entre les deux produits ne sont nullement justifiées, car tandis que le tapioca du Brésil coûte de 100 à 200 francs (1) les 100 kilogrammes, le tapioca d'imitation, fabriqué avec de la fécule de pommes de terre, ne coûte guère que la moitié de ce prix.

Sagou et tapioca artificiels

La fabrication du sagou et du tapioca avec la fécule de pommes de terre mérite donc de fixer tout particulièrement l'attention des industriels. A la suite de tâtonnements et de recherches, on est arrivé à imiter le sagou et le tapioca authentiques avec une perfection telle, que les spécialistes exercés arrivent seuls à distinguer les produits naturels des imitations. La qualité du sagou et du tapioca artificiels est du reste excellente, ces produits ont absolument le même goût et les mêmes propriétés que les produits exotiques.

On sait que toutes les fécules, quelle que soit leur provenance, ont la même composition chimique ; on n'a donc aucune raison de préférer les produits exotiques aux produits indigènes dérivés de la fécule de pommes de terre, qui ont les mêmes propriétés nutritives. La fabrication du sagou et du

(1) Le prix du tapioca exotique est momentanément descendu à environ 80 francs les 100 kilogrammes.

tapioca indigènes nous semble donc appelée à prendre du développement en France, d'autant plus qu'elle peut être annexée à la féculerie sans grands frais et sans appareils coûteux.

En mettant en œuvre 500 kilogrammes par jour, on réalisera des bénéfices très appréciables, car les frais d'installation et de main-d'œuvre sont peu élevés. Un local d'environ 8 mètres de large et 15 mètres de long suffit pour une production de 500 kilogrammes de sagou par jour.

La fabrication elle-même consiste essentiellement à produire, avec la fécule préalablement traitée, des perles de différentes grosseurs (1 à 4 millimètres en moyenne), semblables à celles du tapioca du commerce. Ces perles sont ensuite mises au four pour être transformées partiellement en empois (glaçage), ce qui leur donne l'apparence vitreuse du tapioca des colonies. Après un triage et un polissage soignés, on donne au sagou une coloration artificielle inoffensive pour lui donner la nuance du sagou vrai.

CHAPITRE XV

FALSIFICATIONS DE LA FÉCULE ET DE L'AMIDON

Densité de la fécule et de l'amidon

La détermination de la densité de l'amidon, étudiée déjà par Saare qui a fixé celle de la fécule à 1,65, a été reprise par Parow et Ellrodt pour les autres sortes d'amidons. Les amidons de riz, de maïs, de froment ont, d'après leurs recherches, une densité de 1,60; la densité de 1,65 pour la fécule a été confirmée.

Composition de la fécule et de l'amidon

L'amidon, tel qu'on le trouve dans le commerce, n'est jamais chimiquement pur. En vertu de ses propriétés hygrométriques, il renferme toujours de 15 à 20 0/0 d'eau. En outre, l'amidon provenant de matières riches en gluten retient constamment de petites quantités de cette dernière substance; dans d'autres on trouve des débris de tissu, des traces de carbonate de soude; si l'on emploie de l'acide sulfurique, la fécule incomplètement lavée peut en retenir une certaine quantité. L'amidon obtenu par fermentation peut se trouver mélangé d'acide lactique libre. De plus, chaque fécule renferme plus ou moins de matière grasse. C'est ainsi que Lindemeyer

a trouvé dans de l'amidon 0,28 0/0 d'acide lactique sur 85 0/0 de matière sèche.

D'après le même chimiste, un autre échantillon d'amidon possédait une saveur sucrée très prononcée et avait la composition suivante :

Eau	17,86
Sucre	1,60
Autres substances solubles	2,04
Amidon	78,50
	100,00

Différents échantillons d'amidon analysés par J. Wolff, ont fourni les indications suivantes :

1° Échantillon de fécule de choix, en aiguilles, breveté, d'un beau blanc brillant et d'un aspect presque cristallin. Les aiguilles avaient 2,50 à 5 centimètres de long et 2 à 3 millimètres de diamètre. L'observation microscopique a montré que le produit était une fécule de pommes de terre pure ;

2° Fécule de première qualité, brevetée, bleuâtre, en aiguilles. Fécule de pommes de terre colorée par le bleu d'outremer ;

3° Poudre d'amidon pur, d'un beau blanc. Examiné au microscope, ce produit a été trouvé être de l'amidon pur ;

4° Amidon fin en morceaux, semblable au précédent par ses qualités extérieures ;

5° Amidon de finesse moyenne, en morceaux blanc jaunâtre, d'aspect terne ;

6° Amidon ordinaire en morceaux gros, gris jaunâtre : l'examen microscopique a montré qu'il constituait un mélange d'amidon et de fécule de pommes de terre.

Les analyses ont donné les résultats suivants :

Désignation	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7
Eau	17,83	15,37	14,53	17,45	14,21	17,49	11,52
Gluten.	»	»	0,10	Traces	1,83	4,97	»
Tissu fibreux . .	0,48	0,50	1,45	1,20	3,77	2,47	»
Cendres	0,21	0,54	0,01	0,03	0,56	1,29	0,986
Fécule	81,48	83,59	83,91	81,32	79,63	73,78	87,49

Les cendres du n° 1 se composaient de carbonate de chaux et d'acide silicique (sable) ; celles du n° 2 en majeure partie de bleu d'outremer ; celles des n°s 3 et 4, de phosphate de chaux ; celles du n° 5 principalement de sable et de phosphate de chaux ; les cendres du n° 6 étaient un mélange de sable, de phosphate de chaux, d'oxyde de fer, de magnésie et d'acide silicique.

On détermine l'acidité ou l'alcalinité de la fécule en délayant celle-ci dans l'eau jusqu'à parfaite fluidité et en essayant ensuite le liquide au papier de tournesol. En présence des alcalis, le papier rouge bleuit ; en présence des acides au contraire, le papier bleu de tournesol vire au rouge.

Les usages du commerce exigent que la fécule soit exempte d'acide : ce fait a de l'importance surtout pour leur emploi en teinturerie, pour empêcher les virements de couleur des tissus.

Les fabricants de levure pressée exigent également que la fécule soit exempte d'acide ; mais il ne suffit pas qu'elle soit parfaitement neutre, elle doit être encore exempte de bactéries. Le mode de contrôle est très simple : on délaie 10-20 grammes de la fécule avec de l'eau stérilisée, on met à l'étuve de fermentation pendant 48 heures, puis on l'examine au microscope. Si la fécule ne subit pas de modification, elle est considérée comme propre à cet emploi ; mais si elle dégage du gaz et une odeur d'acide butyrique, elle doit être rejetée. 60 0/0

des échantillons examinés ont subi la fermentation butyrique.

Falsification de la fécule de pommes de terre (1)

On falsifie la fécule de pommes de terre avec la *craie* ou *carbonate de chaux*, le *plâtre*, la *poudre* ou *sciure d'albâtre gypseux*, une *argile blanchâtre* (terre de pipe ?)

Plusieurs moyens peuvent être employés pour reconnaître ces fraudes, signalés en premier lieu par Payen. On peut chauffer pendant une demi-heure environ, à la température de 72 à 75° au bain-marie, 25 grammes de la fécule à essayer, dans une solution de diastase brute ; elle se convertit en dextrine sans résidu sensible si elle est pure ; dans le cas contraire, on a une partie insoluble qui, recueillie sur un filtre, lavée, séchée et pesée, donne approximativement la proportion des corps étrangers introduits. Ce résidu est ensuite examiné à part, afin d'en reconnaître la nature. Traité par l'acide chlorhydrique ou nitrique étendu d'eau, il produit une vive effervescence s'il contient de la craie, et laisse un résidu terreux indissous. La solution acide, évaporée à siccité et reprise par l'eau chaude, donne une liqueur qui précipite en blanc par l'oxalate d'ammoniaque. Le résidu insoluble, séché et chauffé au rouge dans un creuset, donne une masse fortement agglomérée qui ne se délaye pas dans l'eau et ne fait pas effervescence au contact des acides.

De plus, la fécule contenant de la craie fait une vive effervescence avec les acides. Celle qui contient du sulfate de chaux, chauffée au rouge dans un creuset, laisse une masse charbonneuse qui, délayée dans l'eau et additionnée de quelques gouttes d'acide, dégage une forte odeur d'œuf pourri (hydro-

(1) Chevallier et Baudrimont, *Dict. des falsifications.*

gène sulfuré). L'examen microscopique, l'incinération peuvent aussi servir à découvrir ces fraudes. Une petite pincée de fécule suspecte, placée en couche très mince sur une lame de verre et vue au microscope, n'offre que des grains arrondis, diaphanes, blancs, si elle est exempte de mélange; dans le cas contraire, on voit distinctement interposés entre ses grains, des corps opaques, bruns ou nuageux, anguleux, irréguliers.

La proportion de cendres fournies par l'incinération de 5 grammes de fécule, et l'examen chimique des cendres, servent également à constater s'il y a eu ou non adultération de la fécule. Ces cendres sont composées de chaux, de sulfate de chaux ou d'argile.

D'un autre côté, en délayant dans beaucoup d'eau une petite quantité de fécule suspecte, les substances minérales ajoutées, beaucoup plus denses, se précipitent les premières et peuvent être examinées séparément.

D'après un travail de M. Bondonneau, les causes les plus fréquentes d'altération ou de falsification des fécules du commerce seraient :

1° La fermentation :

2° La dessiccation à une température trop élevée donnant naissance à des grains d'empois ;

3° La présence de débris de cellulose ou de sable provenant d'une mauvaise fabrication ;

4° La falsification du produit par son mélange avec des quantités variables de pulpe de pommes de terre pulvérisée. Or, le féculomètre, exact pour les deux premiers cas, peut causer une erreur de 3 0/0 dans les deux derniers. Il est donc nécessaire d'examiner préalablement la fécule afin de savoir si on peut l'essayer à l'aide de cet instrument. Pour cela M. Bondonneau en prend 5 grammes qu'il délaie dans environ 100 centimètres cubes d'eau, ensuite il ajoute 3 à 4 centimètres cubes de solution concentrée de soude caustique qui dissout la fécule, en formant une matière translucide et inco-

lore si elle est pure, tandis que la liqueur sera louche et plus ou moins jaune si elle est impure. Si on l'additionne alors d'un fort excès d'acide chlorhydrique, toute la masse se fluidifie, et on obtient après quelque temps un dépôt qu'on devra examiner au microscope (sable ou débris ligneux).

L'essai au féculomètre n'étant pas possible dans ces conditions, on devra avoir recours au procédé plus long, mais sûr, de la dessiccation à l'étuve ou de la saccharification par l'acide sulfurique.

La fécule de pommes de terre a été quelquefois mélangée à d'autres fécules exotiques. M. Gobley a indiqué comme moyen de reconnaître ces fraudes, les colorations diverses qu'éprouvent quelques fécules pures ou mélangées, lorsqu'on les expose à la vapeur d'iode.

On met les fécules sur des verres de montre, sous une cloche qui renferme de l'iode, et on les y laisse exposées pendant 24 heures (la fécule doit être légèrement humide). Voici les colorations que l'on obtient :

Amidon : couleur violacée.

Fécule de pommes de terre : gris tourterelle.

Arrow-root vrai : café au lait clair.

Arrow-root avec 1/4 d'amidon : lilas gris.

Arrow-root factice : gris tourterelle.

Tapioca vrai entier : tous les grains jaunâtres.

Tapioca vrai pulvérisé : couleur chamois.

Tapioca vrai pulvérisé et mêlé avec 1/4 d'amidon : couleur violacée.

Tapioca factice entier : quelques grains gris violacé, les autres jaunâtres.

Tapioca factice pulvérisé : couleur chamois.

Tapioca factice pulvérisé et mêlé avec 1/4 d'amidon : couleur violacée.

Sagou blanc entier : quelques grains gris violacé, les autres jaunes.

Sagou blanc pulvérisé : couleur chamois.

Sagou blanc pulvérisé et mêlé avec 1/4 d'amidon : couleur violacée.

Sagou factice entier : quelques grains gris violacé, les autres jaunâtres.

Sagou factice pulvérisé : couleur chamois.

Sagou factice pulvérisé et mêlé avec 1/4 d'amidon : couleur violacée.

Dextrine : pas de coloration.

Il y a encore d'autres signes qui permettent de distinguer nettement le sagou authentique du sagou préparé avec la fécule de pommes de terre. D'après J. Kœnig, le sagou commence à former de l'empois à 62° 2 C. et l'empois est achevé à 70°. Le tapioca se comporte de même ; il commence à se transformer en empois à 62° 5 C. et l'empois est complet à 68° 7 C.

Il n'en est pas de même pour les produits dérivés de la fécule de pommes de terre ; à 50° C. ils se gonflent déjà sensiblement, à 59° C. ils commencent à former de l'empois et à 68° la masse est réduite en empois parfait.

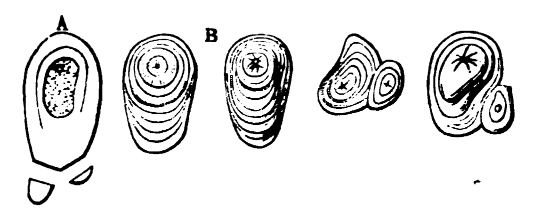


Fig. 92. — Grains de fécule de Sagou.
A. Sagus Rumphii. — B. Borassus flabelliformis.

La différence entre les trois sortes de fécules est encore plus frappante lorsqu'on les examine au microscope, comme on peut s'en convaincre par l'examen des figures ci-contre. La figure 92 montre des grains de fécule de sagou (A Sagus Rumphii, B. Borassus flabelliformis) et la figure 93 des

grains de sagou des Indes Orientales partiellement gonflés.

Vogt donne à ce sujet les caractéristiques suivantes :

Les grains sont simples ou composés, d'une forme ovale ou ovoïde, avec noyau excentrique et nombreuses stratifications. Les grains composés se composent d'un grand noyau principal et d'un ou de plusieurs grains secondaires très petits ; leur grosseur ne dépasse pas 0,025 à 0,066 millimètres.

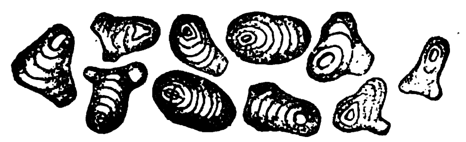


Fig. 93. — Grains de Sagou des Indes Orientales.

Le tapioca diffère considérablement du sagou et de la fécule de pommes de terre : vu au microscope, il donne l'image représentée figure 94 (*a* grains doubles, *b* grains simples). Vogt caractérise le tapioca comme suit :

Les grains sont simples ou composés ; les premiers ont une forme polygonale, parfois arrondie ; ils sont plus ou moins évasés et le hile s'élargit le plus souvent du côté aplati ; ils mesurent 0,002 à 0,022 millimètres.



Fig. 94. — Granules de Tapioca.
A. Granules doubles. — B. Granules simples.

La figure 95 représente des grains de fécule de pommes de terre. Les grains sont simples, toujours arrondis aux extrémités. Le noyau, peu ou point aplati, est excentrique et situé le plus souvent du côté rétréci ; les couches sont nettement excentriques. Leur grosseur varie entre 0,060 à 0,010 millimètres.

Il résulte de là qu'il suffit généralement de soumettre les grains à un examen microscopique pour se rendre compte si

l'on se trouve en présence de fécule de sagou, de tapioca, ou d'une imitation de l'une ou de l'autre. Il est incontestable que l'examen chimique, plus compliqué, peut conduire parfois à des résultats différents, mais dans une faible proportion. Les tables suivantes, comprenant les résultats d'analyses d'échantillons des trois produits en question, nous en fournissent la preuve.



Fig. 95. — Grains de fécule de pommes de terre.

I

Désignation	Eau	Matière azotée	Matière grasse	Amidon	Fibrine brute	Cendres	Dans la matière sèche	
							Azote	Hydrates de carb.
Sagou. . .	19,90	0,50	—	86,24	—	0,36	0,09	99,01
Tapioca . .	14,43	0,49	—	84,83	—	0,25	0,09	99,03
Fécule pommes de terre	19,22	9,69	0,04	74,64	0,08	0,33	0,13	98,59

II

Désignation	Eau	Matière azotée	Matières grasses et matières azotées extractives	Cendres	Dans la matière sèche	
					Azote	Hydrates de carb.
Sagou.	13,00	Traces	86,50	0,50	Traces	99,43
Tapioca	15,56	0,35	84,05	0,39	0,07	99,54
Fécule de pommes de terre	17,03	0,51	82,04	0,42	0.10	99,88

FALSIFICATIONS DE L'AMIDON (1)

L'amidon est quelquefois falsifié par le carbonate et le sulfate de chaux, ainsi que l'eau.

Le carbonate de chaux se reconnaît très facilement par l'effervescence que l'amidon ainsi falsifié produit avec les acides ; aussi les fraudeurs ont-ils préféré l'emploi du sulfate de chaux (albâtre gypseux), dont la présence et la proportion se constatent par le poids du résidu provenant de l'incinération d'une certaine quantité de l'amidon à essayer, lequel, s'il est pur, n'en laisse que 1 à 2 0/0. Ce résidu, traité par l'eau tiède, donne une liqueur qui précipite en blanc par l'oxalate d'ammoniaque et par le chlorure de barium.

Ch. Pressoir a proposé, pour reconnaître cette fraude, un moyen basé sur l'inégale densité de l'albâtre et de l'amidon. Pour cela, on remplit une boîte métallique d'amidon normal ; cette boîte pesée avec soin sert de type pour les échantillons d'amidon que l'on a à essayer. Les boîtes semblables, contenant de l'amidon mêlé d'albâtre, auront un poids d'autant plus considérable que la quantité de sulfate de chaux sera aussi plus considérable. Ainsi, il résulte des expériences de M. Ch. Pressoir que la même boîte contenant de l'amidon seul et pesant 13gr,40, pèsera 13gr,90 si elle contient de l'amidon mêlé de 10 0/0 de sulfate de chaux, et 15gr,93 avec l'amidon mêlé de 50 0/0 de ce sel.

La fraude la plus ordinaire consiste à saturer l'amidon d'humidité. L'amidon du commerce contient environ 12 0/0 d'eau; la dessiccation à l'étuve, au bain-marie, fait connaître si l'amidon contient un excès d'eau.

Substitutions. — A l'amidon de froment, on substitue l'ami-

(1) Chevallier et Baudrimont. *Dict. des falsifications.*

don de riz auquel on sait donner la forme d'aiguilles prismatiques. On imprime encore le même aspect à la fécule de maïs. Ces deux produits reçoivent communément dans le commerce le nom d'*amidon anglais*. Ces diverses matières amylacées ne peuvent être distinguées les unes des autres qu'à l'aide du microscope. L'amidon de blé est en disques lenticulaires, d'un volume très variable ; les plus gros mesurent 50 millièmes de millimètre ; ils portent un hile transversal.

L'amidon de riz est remarquable par sa petitesse, par l'égalité de son volume et par sa forme polyédrique très marquée et presque dodécaédrique. Il a l'aspect d'un hexagone avec un hile régulier au centre.

Celui de maïs ressemble assez à ce dernier, mais il est un peu plus volumineux, moins régulier en grosseur, et il porte toujours un hile crucial très distinct.

Les dimensions en millièmes de millimètre sont :

Fécule de pommes de terre	140
Amidon de blé	40 à 50
— de maïs	30
— de riz, grains infiniment petits et polyédriques.	

Mais lorsqu'on est privé de microscope, il faut, pour reconnaître chacun d'eux, recourir aux procédés suivants indiqués par M. Mayel :

Avec 5 grammes d'amidon et 50 grammes d'eau on fait un empois en portant le mélange à l'ébullition. L'empois sera blanc mat et s'épaissira promptement par refroidissement s'il provient de l'amidon de blé.

Celui du riz sera beaucoup plus lent à s'épaissir.

Celui de maïs agit presque de même ; son épaississement est un peu moins lent à se produire.

La fécule donne de suite, même à chaud, un empois très épais et très transparent, mais qui se sépare assez vite.

En ajoutant à 50 centigrammes de chacun de ces divers amidons 15 gouttes d'un mélange de :

Teinture d'iode	5 gouttes.
Eau distillée	50 grammes.

on observe alors que :

L'amidon de blé donne très rapidement une teinte d'un beau rose persistant assez longtemps.

L'amidon de maïs prend une teinte lie de vin.

L'amidon de riz prend une légère teinte rose qui disparaît presque instantanément.

La fécule prend une teinte bleue qui passe assez vite au violet foncé.

Examen microscopique

Comme on a pu le voir par ce qui précède, l'examen microscopique des fécules fournit également des indications très précises pour les distinguer les unes des autres à l'aide des figures que nous avons données. Le doute n'est possible que dans certains cas isolés, notamment lorsqu'on se trouve en présence de fécules qui présentent une grande analogie dans leur conformation extérieure, comme les amidons de froment, de seigle ou d'orge. Dans ce cas il faudra recourir à des déterminations de volume pour en fixer l'espèce.

Dosage de l'eau dans les fécules (1)

La fécule retenant toujours une quantité d'eau variable suivant l'état de l'atmosphère, et une grande partie de fécule

(1) D'après le Dr Saare. *Zeitschr. f. Spiritusindustrie.*

étant vendue aux fabriques de glucose comme fécule verte, il est indispensable de procéder chaque fois au dosage de l'eau.

Il y a trois méthodes pour doser l'eau dans la fécule du commerce. La plus sûre et la plus usitée consiste à soumettre 10—25 grammes de fécule à une température de 40° C., pendant 1 heure et ensuite 120° C. pendant 4—6 heures, puis à peser de nouveau l'échantillon refroidi sur l'acide sulfurique. La perte de poids, multipliée par 10 lorsqu'on opère sur 10 grammes et par 4 lorsqu'on opère sur 25 grammes, donne en centièmes l'eau de la fécule. Cette méthode est exacte et seule applicable en cas de litige. Mais, comme le commerce a intérêt à pouvoir déterminer rapidement la teneur en eau d'une fécule jusqu'à 1 0/0 près, on s'est appliqué à chercher des méthodes plus simples et plus rapides. A cet effet, Scheibler en a proposé une qui est basée sur ce principe que si on mélange une partie de fécule renfermant 11,4 0/0 d'eau et deux parties d'alcool (poids spécifique 0,8339), les deux éléments restent indifférents, tandis que si la teneur en eau de la fécule est supérieure à 11,4, cette dernière communique à l'alcool une partie de l'eau ; si au contraire elle contient moins d'eau, elle lui en emprunte.

Pour l'application de cette méthode, on mélange 41gr,7 de fécule dans un ballon à fermeture hermétique avec 100 cm³ d'alcool à 90 0/0 ; après une heure de contact, on filtre le mélange sur un filtre sec, et l'on détermine le poids spécifique, respectivement le degré alcoolique du filtrat avec un alcoomètre. Chaque fois 0°,3 de l'alcoomètre en plus ou en moins correspondent à une diminution ou à une augmentation de 1 0/0 de l'eau de la fécule. Cette méthode ne semble pas avoir trouvé beaucoup de partisans, vu sa complication relative et les chances d'erreur qui peuvent aller jusqu'à 1 0/0.

Une autre méthode consiste à doser l'eau de la fécule au moyen du féculomètre Bloch, mais les résultats que fournit cet instrument s'écartent tellement de ceux que donne la mé-

thode par dessiccation qu'on ne peut pas sérieusement songer à l'employer pour les analyses commerciales.

Mais comme cet instrument est d'un usage simple et rapide, on a songé à le remplacer par un autre plus exact.

Pour construire le féculomètre, on est parti de ce principe que 10 grammes de fécule absolument sèche, mélangés avec un excès d'eau, occupent toujours, en déposant dans un tube effilé, un espace déterminé, et que les différentes sortes de fécule de pommes de terre occupent toujours un espace égal. Mais ce dernier fait est inexact à cause de l'inégale répartition des gros grains et des petits grains de fécule dans les différentes fécules du commerce, ou à cause encore de l'inégal pouvoir d'absorption des grains de fécule suivant qu'ils ont été séchés d'après des procédés différents et, par suite, des différences qui se produisent dans leur mode de tassement.

On s'est donc demandé si un poids déterminé de fécule anhydre, non mélangée avec de l'eau, occupait toujours un espace égal, ou si la fécule anhydre avait un poids spécifique constant. Car si tel est le cas, il en résulte qu'un poids déterminé de fécule anhydre devra forcément déplacer une quantité déterminée d'eau d'un volume donné. Si, par suite, on prend 100 grammes d'une fécule à 20 0/0 d'eau, ces 100 grammes renfermeront 100 — 20 = 80 grammes de fécule anhydre, et ces 80 grammes occuperont un espace de $\frac{80}{p}$, si p est le poids spécifique constant de la fécule anhydre. Si donc on mélange les 100 grammes de fécule avec de l'eau et si on complète à un volume déterminé, soit 250 cm³, on aura dans le mélange $250 - \frac{8}{p}$ cm³ ou grammes d'eau et 80 grammes de fécule, soit $250 - \frac{80}{p} - 80$ grammes. En opérant sur une fécule de 21 0/0 d'eau, mélangeant 100 grammes de fécule avec de l'eau et complétant à 250 cm³, on obtiendrait le

poids du mélange $250 - \frac{79}{p} + 79$, donc un poids plus faible. On peut de la même manière calculer le poids de fécule que l'on doit obtenir, en en complétant 100 grammes à 250 cm³ avec de l'eau, quel que soit le degré d'humidité initial ; inversement on peut déduire du poids ainsi trouvé la teneur en eau de la fécule.

Les ouvrages spéciaux sont très sobres en renseignements sur le poids spécifique de la fécule. Fluckiger les a réunis et complétés (1). Payen, Kopp, Dietrich avaient déjà antérieurement fourni quelques indications, mais elles sont sans valeur pour notre thèse, car elles ne tiennent pas compte de la teneur en eau de la fécule pesée. Fluckiger lui-même a déterminé le poids spécifique de la fécule séchée à l'air, de fécule d'arrow-root et de pommes de terre, séchées à 100 au moyen du picnomètre.

Il a trouvé :

	Poids spécifiqués
Fécule d'arrow-root (Maranta indica) séchée à l'air et contenant 15,3 °/₀ d'eau.	1,5045
Fécule d'arrow-root anhydre (100°)	1,5648
Fécule de pommes de terre, séchée à l'air et renfermant 17,35 °/₀ d'eau	1,5029
Fécule de pommes de terre, anhydre (100°)	1,6330

La fécule hydratée a, d'après cela, un poids spécifique plus faible, et la fécule anhydre des différentes plantes accuse des poids spécifiques différents.

Il était donc nécessaire de savoir si les différentes sortes de fécule de pommes de terre du commerce avaient un poids spécifique constant. Pour cela, on a déterminé le poids spécifique ramené à la fécule anhydre de 30 échantillons de fécule de pommes de terre du commerce ; on a déterminé la substance sèche en exposant 10 grammes de fécule pendant 1 heure à 50° C.,

(1) *Zeitschr., f. analyt. Chem.*, 1866, V, 302.

et pendant 6 heures à 120° C. ; on a ensuite mélangé 10 grammes de fécule séchée à l'air avec de l'eau bouillie, dans un flacon de 50 grammes et l'on a rempli le flacon à 17°,5 C. A l'aide du poids ainsi obtenu, on a déterminé la quantité d'eau déplacée par la fécule anhydre, on a déterminé le poids spécifique. On a trouvé que celui-ci était de 1,647-1,653 à 17°,5 C. La moyenne de 30 expériences a été de 1,6496 ou, en chiffres ronds, 1,650 (V. tabl. I).

Si l'on adopte le chiffre de 1,650 comme poids spécifique constant, on aura, en mélangeant 100 grammes d'une fécule à 20 0/0 d'eau avec de l'eau et complétant à 250 cm³, un poids de

$$250 - \frac{80}{1,65} + 80 = 201,52 \text{ gr.}$$

Avec une fécule à 21 0/0 d'eau, on aura ;

$250 - \frac{79}{1,65} + 79 = 281,12$ grammes, soit 0gr,4 de moins et ainsi de suite chaque fois 0gr,4 de moins pour 1 0/0 d'eau de plus dans la fécule. C'est d'après ce principe qu'a été calculée la table II.

Les faibles écarts du poids spécifique moyen (1,65) n'entrent pas en compte ; car si dans ce dernier cas on suppose le poids spécifique être de 1,647, on obtiendrait 281,04, soit 0gr,08 de moins, soit une augmentation d'environ 1/4 0/0 d'eau, et pour 1.653 également 281,21, soit 1/4 0/0 environ d'eau en moins.

Numéros	Table I		Poids spécifique de la fécule anhydre	Teneur en eau déterminée par dessiccation à 120 C.	Poids de 100 gr. de fécule portés à 250 cc.	D'où Eau pour cent.
			gr.	°/o	gr.	°/o
1	Fécule de pommes de terre. . .	1882.	1,652	19,1	»	»
2	» » . . .	1883.	1,649	19,7	281,6	19,7
3	» » . . .	»	1,650	14,9	283,6	14,7
4	» » . . .	»	1,648	17,3	282,65	17,1
5	» » . . .	»	1,647	18,2	282,0	18,7
6	» » . . .	»	1,650	18,3	282,15	18,4
7	» » . . .	»	1,648	17,5	282,45	17,6
8	» » . . .	»	1,649	17,5	»	»
9	Fécule sèche de pommes de terre.	1883.	1,650	20,5	281,4	20,2
10	» »	1884.	1,647	15,4	283,3	15,2
11	» »	1883.	1,648	18,8	282,05	18,6
12	» »	1884.	1,647	15,4	283,25	15,6
13	» »	»	1,652	14,1	283,8	14,2
14	» »	»	1,652	16,8	282,95	16,4
15	» »	»	1,648	20,3	281,5	20,0
16	» »	»	1,650	22,0	280,75	22,0
17	» »	»	1,653	16,7	»	»
18	» »	1884.	1,652	15,9	283,2	15,7
19	Fécule de pommes de terre. . .	1883.	1,650	14,9	283,6	14,7
20	Fécule sèche de pommes de terre.	1884.	1,650	18,5	282,1	18,5
21	» »	1883.	1,648	22,9	280,45	22,7
22	Echantillons remis à l'auteur pour le dosage de l'eau { Fécule de pommes de terre . . .		1,649	22,2	280,6	22,4
23	» »		1,648	23,2	280,35	23,0
24	Fécule sèche de pommes de terre.		1,651	20,0	281,5	20,0
25	» »		1,652	24,4	279,7	24,6
26	» »		1,647	19,6	281,6	19,7
27	» »		1,653	20,2	281,5	20,0
28	» »		1,647	19,7	281,6	19,7
29	» »		1,649	18,7	282,0	18,7
30	» »		1,652	21,8	280,8	21,7

Les écarts des poids proviennent des différences de pureté, même dans les fécules premières, et peut-être aussi des différences du mode de séchage. La raison de ce que Fluckiger n'a

trouvé que 1,633 comme poids spécifique de la fécule anhydre est que cet auteur n'opérait la dessiccation qu'à 100°, tandis qu'elle n'est complète qu'à 120° comme le montre l'expérience.

Table II. — *Détermination de la teneur en eau de la fécule de pommes de terre d'après le poids spécifique.*

Poids trouvé	Teneur en eau de la fécule	Poids trouvé	Teneur en eau de la fécule	Poids trouvé	Teneur en eau de la fécule
gr.	%	gr.	%	gr.	%
289,40	0	281,50	20	273,65	40
289,00	1	281,10	21	273,25	41
288,60	2	280,75	22	272,85	42
288,20	3	280,35	23	272,45	43
287,80	4	279,95	24	272,05	44
287,40	5	279,55	25	271,70	45
287,05	6	279,15	26	271,30	45
286,65	7	278,75	27	270,90	47
286,25	8	278,35	28	270,50	48
285,85	9	278,00	29	270,10	49
285,45	10	277,60	30	269,70	50
285,05	11	277,20	31	269,30	51
284,65	12	276,80	32	268,90	52
284,25	13	276,40	33	268,50	53
283,90	14	276,00	34	268,10	54
283,50	15	275,60	35	267,75	55
282,10	16	275,20	36	267,35	56
282,70	17	274,80	37	266,95	57
282,30	18	274,40	38	266,55	58
281,90	19	274,05	39	266,15	59
				265,75	60

Le mode de procéder d'après cette nouvelle méthode est le suivant : 100 grammes de fécule sont exactement pesés dans une capsule tarée et mélangés avec de l'eau à 17°,5 C., on verse le tout dans un ballon de 250 cm³ en ayant soin d'ajouter dans e dernier également l'eau de rinçage. On complète avec de

l'eau presque jusqu'au trait, on met le ballon pendant 1/2 heure dans un bain d'eau ayant une température constante de 17°,5 C. ; ensuite, au moyen d'un ballon à pissette on ajoute de l'eau jusqu'à ce que son niveau atteigne exactement le trait du ballon. Après une 1/2 heure on retire le ballon, on l'essuie, on le pèse, on déduit le poids du ballon sec, et l'on a alors le poids des 250 cm³ de fécule et d'eau. On lit sur la table ci-dessus la proportion d'eau qui correspond au poids observé.

L'auteur a dosé l'eau de 27 échantillons de fécule du commerce, et il a obtenu les chiffres consignés dans les 3e et 4e colonnes de la table I. En comparant ces chiffres avec ceux trouvés dans la 2e colonne (dessiccation à 120° C.), on remarque que les chiffres trouvés avec la nouvelle méthode ne s'écartent pas plus de 1/4 0/0 de ceux trouvés par l'ancienne, et que ce n'est que dans des cas isolés (nos 14 et 15) qu'on a eu des écarts de 0,4 et 0,5 0/0.

L'auteur a aussi cherché à se rendre compte des résultats qu'on obtiendrait en remplissant le ballon jusqu'au trait immédiatement après y avoir introduit le lait de fécule, et sans exposer préalablement à une température de 14° R, = 17°,5 C. pendant une 1/2 heure. Les résultats trouvés sont les suivants :

Numéros	Teneur vraie en eau	Poids trouvé	D'où teneur en eau	Température
	°/o	gr.	°/o	O° R
3	14,9	283,4	16,2	17
4	17,3	282,4	17,7	19
6	18,3	282,0	18,7	?
7	17,5	282,25	18,1	22
15	20,3	281,35	20,4	17
16	22,0	280,55	22,5	17
23	23,2	280,1	23,6	?
26	19,6	281,5	20,0	?
29	18,7	281,9	19,0	17

On voit par ces chiffres que même avec de grands écarts de température (jusqu'à 8°) l'erreur ne va pas au delà de 0,6 0/0 (n° 7) et que la méthode fournit encore, même lorsqu'on opère très rapidement, des résultats utiles pour le commerce.

L'auteur a voulu connaître également la valeur de sa méthode pour la fécule verte et la fécule séchée à l'air. A cet effet, il a exposé de la fécule verte à l'air libre et il en a dosé l'eau de temps en temps. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Teneur vraie en eau	Poids trouvé	D'où teneur en eau
	°/o	Gr.	°/o
Fécule verte	49,4	269,95	49,5
— séchée pendant 2 jours . . .	39,1	274,10	38,9
— séchée pendant 2 autres jours.	29,3	278,00	29,0
Fécule après une conservation prolongée	14,2	283,70	14,5

La méthode peut donc servir également pour le dosage de l'eau dans la fécule verte et pour contrôler la marche de la dessiccation.

Enfin, l'auteur a opéré sur des échantillons de fécule *deuxième* et autres bas produits ; il a trouvé :

	Poids spécifique de la fécule anhydre	Teneur en eau (à 120 C.)	Poids trouvé	D'où teneur en eau
	Gr.	°/o	Gr.	°/o
Fécule deuxième. . . .	1,646	15,1	283,3	15,5
Déchets fécule première .	1,645	17,8	—	—
Fécule deuxième. . . .	1,547	18,6	—	—
Fécule troisième. . . .	1,646	17,6	282,4	17,8

La méthode peut donc servir même pour les fécules impures. De ce qui précède, il résulte que :

1° La teneur en eau de la fécule de pommes de terre du commerce peut être déterminée avec une exactitude de

0,05 0/0 près, en mélangeant 100 grammes de fécule avec de l'eau et complétant à un volume déterminé, parce que le poids spécifique de la fécule de pommes de terre est presque constant. La justesse de la méthode est élevée jusqu'à 0,25 0/0 près, si l'on a soin de maintenir exactement la température à 17°,5 C.

2° Les avantages de la méthode consistent dans la faible durée d'exécution d'un dosage, environ 3/4 d'heure, tandis que la méthode par dessiccation à 120° C, exige 6 à 7 heures. De plus, cette méthode est d'une application facile; on peut simultanément faire un grand nombre de dosages et obtenir une grande moyenne.

Elle permet au commerçant et au fabricant de faire en peu de temps un grand nombre de dosages, soit pour les besoins du commerce, soit pour suivre les phases de la dessiccation de la fécule, et ainsi obtenir toujours des produits d'une siccité égale.

Cette méthode est également applicable à l'amidon de diverses provenances, car d'après ce qui précède, on peut très bien admettre que ces produits ont aussi un poids spécifique constant, quoique différent de celui de la fécule.

Enfin, on peut également doser l'eau par la méthode Baudry que nous avons décrite au chapitre relatif à la pomme de terre.

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

MACHINES A VAPEUR

Dans les petites féculeries qui ne mettent pas en œuvre plus de 6.000 kilogrammes de pommes de terre par jour et qui ne fabriquent que de la fécule verte, une locomobile suffit généralement pour fournir la force motrice nécessaire; mais lorsque le moteur doit encore actionner d'autres machines (hache-paille, etc.), il vaut mieux installer un générateur avec maçonnerie.

En règle générale, la force nécessaire pour un travail allant jusqu'à 25.000 kilogrammes de pommes de terre par jour (1.250-1.500 kilogrammes à l'heure) est évaluée à 20 chevaux, soit un cheval par 1.250 kilogrammes; au-dessus de 25.000 kilogrammes, la force nécessaire diminue graduellement dans une certaine proportion (1).

CALCUL DE LA FORCE D'UNE MACHINE A VAPEUR

Connaissant la pression effective que nous appellerons P, le nombre de tours T, la course C et la surface de la base du piston S, nous aurons la formule suivante exprimant la force en chevaux :

(1) D'après Saare, *Zeitschr. f. spiritusind.*, 1889, 39.

$$\frac{S \times P \times T \times C}{2.250}.$$

Il suffit de diminuer cette force de 25 0/0.

Consommation d'eau

La consommation d'eau s'élève à 7-8 m³ par 1.000 kilogrammes de pommes de terre dans les petites fabriques de fécule verte; dans les fabriques plus grandes, il en faut 12 à 16 m³ par 1.000 kilogrammes de pommes de terre (1).

Transmissions

Nous établissons ci-contre le diamètre des axes à employer pour transmettre une force donnée avec une vitesse de rotation de 100 tours par minute.

Diamètre en millimètres	Force en chevaux transmissibles	Diamètre en millimètres	Force en chevaux transmissibles
40	3,5	85	34,5
45	5	90	41
50	7	95	48
55	9,5	100	50
60	13	105	65
65	16	110	70
70	18,5	115	80
75	24	120	90
80	20	125	100

Comme la force transmissible est proportionnelle à la vitesse, un arbre marchant deux fois plus vite peut transmettre

(1) D'après Saare, *Zeitschr. f. spiritusind.*, 1889, 39.

le double de force ; en marchant trois fois plus vite, trois fois plus de force.

Exemple : un axe de 50 millimètres faisant 100 tours peut transmettre 7 chevaux ; à 200 tours il peut transmettre 14 chevaux, et à 50 tours 3 chevaux et demi seulement.

Calcul de la largeur d'une courroie

Pour établir ce calcul il faut connaître :

1° Le diamètre de la poulie ;

2° Le nombre de tours de la poulie par minute ;

3° L'arc embrassé ;

4° L'épaisseur de la courroie employée.

La circonféreuce de la poulie × par le nombre de tours nous donne la vitesse circonférentielle par minute.

En divisant par 60 nous aurons la vitesse par seconde représentée par V.

L Largeur de la courroie en millimètres.

C Coefficient au tableau.

N Nombre de chevaux à transmettre.

V Vitesse.

Arc embrassé		3/10 de la circonférence	4/10 de la circonférence	5/10 de la circonférence	6/10 de la circonférence
Coefficient pour les épaisseurs de	3 m/m	C = 250	C = 200	C = 170	C = 150
	4 m/m	C = 190	C = 150	C = 130	C = 115
	5 m/m	C = 150	C = 120	C = 100	C = 90

On entend par arc embrassé la partie qui est en contact avec la poulie.

Formule $L = \frac{C \times N}{V}$ (On prend les 2/3 du résultat).

Frais de fabrication

Voici le détail des frais de fabrication d'une féculerie travaillant d'une façon rationnelle 50.000 kilog. de pommes de terre en douze heures (Fécule verte).

Transports	30 fr.
Salaires	40
Charbon	20
Eclairage, graissage, réparations	15
Amortissement et intérêt	30
	135 fr.

La production de la fécule sèche entraîne des frais de fabrication de 2 à 3 fr. aux 100 kilogrammes, soit 50 à 80 centimes par 100 kilogrammes de pommes de terre travaillées.

Mais ces chiffres sont généralement dépassés, parfois même doublés.

Eau pour féculerie

Pour produire de la fécule de belle qualité, il faut une eau pure.

Il y a trois points à examiner pour juger de la qualité de l'eau.

1° L'eau doit être exempte de matières organiques, telles que détritus de plantes ou matières provenant de leur décomposition, champignons, etc. Toutes ces matières ou organismes peuvent passer à travers les tamis avec la fécule, elles peuvent même rester partiellement dans le centrifuge avec la fécule, dans ce cas elles forment de petits points gris dans la fécule sèche et en altèrent plus ou moins la qualité, selon leur importance.

2° L'eau pour la féculerie doit être exempte de ferments et de champignons capables d'engendrer les fermentations. Les premiers empêchent la fécule de se déposer et contribuent à produire ce que l'on appelle la fécule molle ; les autres y produisent des acides organiques (acides butyrique et lactique) qui ne peuvent en être éliminés complètement par les lavages les plus soignés et qui ne doivent pas se présenter dans la fécule de première qualité ; ils peuvent donner aussi à la fécule une odeur de beurre rance, ou une odeur de moisi, de pourri. Plus le travail d'une féculerie se prolonge dans la saison chaude, plus la présence des champignons dans l'eau devient dangereuse.

3° L'eau ne doit pas renfermer d'ammoniaque ni d'acide nitrique dans ses éléments solubles, car la présence de ces substances, de même qu'une proportion trop grande de matières organiques facilement décomposables (c'est-à-dire qui exigent plus de 1 gramme de permanganate de potasse par hectolitre pour s'oxyder) permettraient de conclure à la présence de matières organiques en décomposition et de bactéries de putréfaction.

Il est également très important que l'eau soit exempte de sels de fer. Les eaux de puits sont souvent chargées de sels de fer qui s'oxydent dès qu'ils arrivent au contact de l'air et se déposent sous forme d'oxyde de fer.

Ces impuretés sont dangereuses pour la féculerie, en ce sens qu'elles communiquent au produit achevé une couleur jaunâtre et déprécient sa valeur.

Les cas d'eaux ferrugineuses se présentent surtout pour les puits profonds. Les tuyaux de fer qui conduisent les eaux peuvent également produire ces impuretés. On sait que les eaux de puits attaquent toujours les tuyaux de fer ; certains essais de laboratoire ont montré que même l'eau distillée, débarrassée de l'air, attaque le fer ordinaire, les clous au bout de 24 heures ; et, lorsque l'eau renferme en outre des bactéries,

les acides produits par ceux-ci contribuent encore à hâter l'attaque du fer.

Le moyen le plus propre et le plus efficace pour éliminer le fer des eaux qui ne sont pas trop ferrugineuses consiste, d'après l'expérience faite, à aérer fortement les eaux pour transformer les sels oxydulés en oxyde et carbonate de fer. L'aération se fait de la manière suivante :

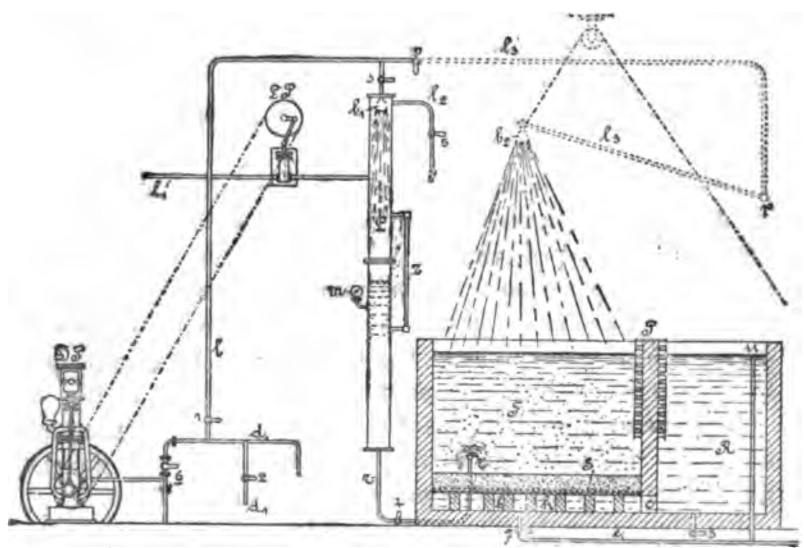


Fig. 96. — Installation pour l'épuration des eaux ferrugineuses.

Au point où l'eau vient se déverser dans le réservoir, on adapte une sorte de pomme d'arrosoir dont la partie percée de trous est plate et non convexe, de sorte que l'eau s'éparpille à sa sortie. On peut encore faire en sorte que l'eau jaillisse en forme de cloche, comme dans certains jets d'eau, et qu'elle retombe d'assez haut dans le réservoir. Si l'on n'a pas le temps de la laisser déposer, il faut la filtrer. A cet effet, il faut employer du gravier ou du sable dont on remplit des tonneaux

reliés par un tuyau qui d'un côté communique par le haut, de l'autre par le bas.

Le premier tonneau est rempli de gravier, le deuxième de gravier plus fin, le troisième de gros sable, le quatrième de sable fin. Chaque fabricant peut modifier son installation selon l'importance de sa fabrique.

L'aération, tout en précipitant le sel de fer, a encore pour effet, lorsque les eaux renferment des bactéries de putréfaction, d'entraver la marche de cette dernière, car ces bactéries sont souvent anaérobies et meurent au contact de l'air, tandis que leurs produits sont oxydés.

La filtration élimine également les impuretés signalées sous 1°.

Pour les petites fabriques, l'addition d'un lait de chaux, suivie d'aération et de déposage de l'eau, peut conduire au même but. Par l'addition de chaux, on peut également utiliser les eaux marécageuses pour la fabrication de la fécule (1).

Pour la filtration en grand, on emploie avantageusement du sable bien lavé ; le filtre fonctionne aussi longtemps que les vides entre les grains ne sont pas bouchés par la boue.

En traversant les dites couches du filtre, l'eau s'épure plus ou moins parfaitement suivant l'épaisseur de la couche filtrante et la vitesse avec laquelle elle traverse le filtre.

Les dimensions du filtre varient suivant la nature et la proportion d'impuretés renfermées dans l'eau, et l'usage auquel on destine cette dernière. Si elle n'est pas trop impure, il suffit de 1 m² de surface de matière filtrante, composée comme ci-dessus, pour filtrer 1 à 1,5 m³ d'eau par heure.

Un filtre d'une surface filtrante de 3 m² pourrait filtrer 3-4,5 m³ d'eau par heure ; en 16–20 heures on pourrait obtenir, en continuant la filtration après l'achèvement du travail journalier, 50-90 m³ d'eau par jour, quantité suffisante pour une fabrique de moyenne importance.

(1) Saare, *Zeitschr.*, *f. Spiritusind*, 1886, 65.

Le récipient servant de filtre doit être construit en pierre ou en briques recouvertes d'une épaisse couche de ciment ; il doit être fermé par le haut pour empêcher les impuretés d'y pénétrer ; l'eau ne doit pas pouvoir y geler. A cet effet, il convient de l'enfoncer dans le sol, de sorte qu'il suffise d'étendre dessus une couche de paille pour empêcher le froid d'y arriver.

Le filtre doit être nettoyé de temps en temps ; pour cela il faut en évacuer l'eau, en sortir la masse filtrante, bien nettoyer le bois du plancher et les parois du mur. La matière filtrante doit être renouvelée aussi souvent que possible.

Pour éviter l'interruption de la filtration pendant le nettoyage, il est recommandable d'installer deux filtres.

La valeur d'un filtre à sable ne dépend pas seulement de l'épaisseur de chaque couche de matière filtrante, mais encore de la finesse du sable. Plus le sable est fin, plus le filtre sera efficace. Mais, dans l'installation d'un filtre du genre ci-dessus, le sable ne doit pas être trop fin, parce que l'eau n'y arrivant qu'à une faible pression qui diminue encore à mesure qu'elle arrive vers les couches supérieures du filtre, le débit serait faible.

On peut aussi installer le filtre de manière à ce que l'eau prenne le chemin opposé ; dans ce cas, on peut donner à l'eau une pression plus forte par rapport aux couches importantes du filtre. Celui-ci se compose alors d'une seule chambre et la masse filtrante se compose de bas en haut des couches suivantes :

Petites pierres à arêtes aiguës, gros gravier, sable lavé fin, sable plus fin, formant en tout une couche de 0^{m},80 — 1 mètre. L'eau filtrée est alors recueillie au-dessous du plancher en bois. On peut aussi renoncer à ce dernier et faire arriver la couche de petites pierres jusque sur le sol. On fait alors écouler l'eau épurée par un petit canal latéral qui la recueille et qui traverse le fond du filtre sur toute sa longueur.

Filtration par les appareils perfectionnés

La filtration, dont nous venons d'indiquer le but plus haut, joue un grand rôle dans l'industrie moderne. Elle seule permet de débarrasser rapidement les liquides des impuretés et des germes de décomposition qu'ils renferment le plus souvent.

La filtration des eaux a provoqué la création d'un certain nombre de systèmes de filtres, agissant les uns par masses filtrantes épaisses comme nous venons de le voir, les autres par surfaces filtrantes minces.

La filtration par masses filtrantes est de plus en plus abandonnée, en raison des nombreux inconvénients qu'elle occasionne : elle nécessite une forte pression pour permettre à l'eau de traverser les couches de matières filtrantes ; en outre, les frais d'installation et d'entretien sont relativement élevés.

La filtration par surface supprime ou atténue, selon les systèmes de filtres, les défectuosités de la filtration par masses ; de plus, elle ne nécessite que de faibles pressions relatives, et permet de régler facilement le fonctionnement des filtres.

Elle s'opère généralement au moyen de tissus spécialemen appropriés à la nature de l'eau à filtrer.

Un filtre à eau doit donc pouvoir satisfaire aux conditions principales suivantes :

1° Présenter une très grande surface filtrante par rapport au débit à obtenir ;

2° Fonctionner à de faibles pressions, variant de $0^m,50$ à 3 mètres ;

3° Pouvoir employer comme matière filtrante des tissus de genres et qualités divers ;

4° Rendre absolument impossible tout mélange de l'eau non filtrée avec l'eau filtrée ;

5° Permettre le contrôle permanent de chacun des éléments filtrants et en arrêter ou modifier le fonctionnement sans arrêter celui des autres éléments.

Filtre Philippe. — Parmi les divers filtres à eau, le plus moderne et qui paraît le mieux satisfaire à ces conditions, c'est le filtre Philippe, à grande surface filtrante, qui est employé non seulement pour les eaux ordinaires et les filtrations fines, mais encore dans les autres industries alimentaires.

Il se compose en principe d'une cuve A, surmontée d'une grille B, dont les fentes C servent à l'introduction des éléments filtrants (fig. 97). Un élément est formé par une poche D et un cadre E.

La poche D, véritable sac en tissu filtrant, est munie à sa partie ouverte d'un bourrelet compressif F.

Le cadre E, en treillis spécial, se place dans la poche pour en écarter les parois intérieures.

Chaque poche filtrante, munie de son cadre, est introduite dans la cuve et reste supendue à la grille par son bourrelet sur lequel se pose une pièce creuse G à rebords, dite chapeau, portant à l'une de ses extrémités un ajutage à bec I, qui communique avec le collecteur K de toutes les poches.

Le bourrelet pris ainsi entre la grille et les rebords du chapeau, puis comprimé par le serrage de celui-ci, produit l'étanchéité du joint unique extérieur de chaque poche.

L'étanchéité de ce joint est assurée par le serrage d'écrous H, sur des traverses qui s'appuient sur deux chapeaux à la fois.

Cet appareil est complété par divers accessoires, tels que : soupape d'introduction du liquide à filtrer, soupape de vidange des dépôts, trou d'homme, etc.

Pour le mettre en marche, il suffit d'ouvrir la soupape régulatrice d'introduction dans le filtre. L'eau à filtrer contenue dans un réservoir en charge est conduite par un tuyau dans la cuve du filtre. Elle entoure les poches qui y sont suspen-

dues, se filtre en les traversant d'extérieur à intérieur, monte

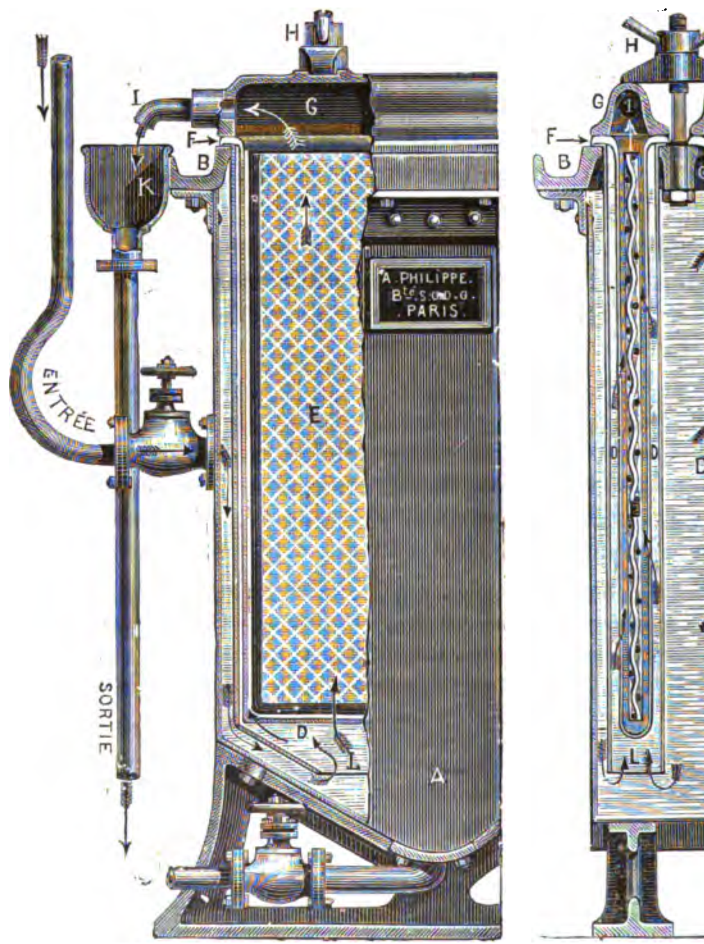


Fig. 97. — Filtre à eau, système Philippe. Coupe verticale.

Fig. 98. — Filtre à eau système Philippe. Vue des éléments filtrants.

les chapeaux G et s'écoule par les ajutages à bec dans le

collecteur K. Les impuretés sont arrêtées à l'extérieur des tissus, tombent en grande partie au fond de la cuve et en sont extraites par la soupape de vidange.

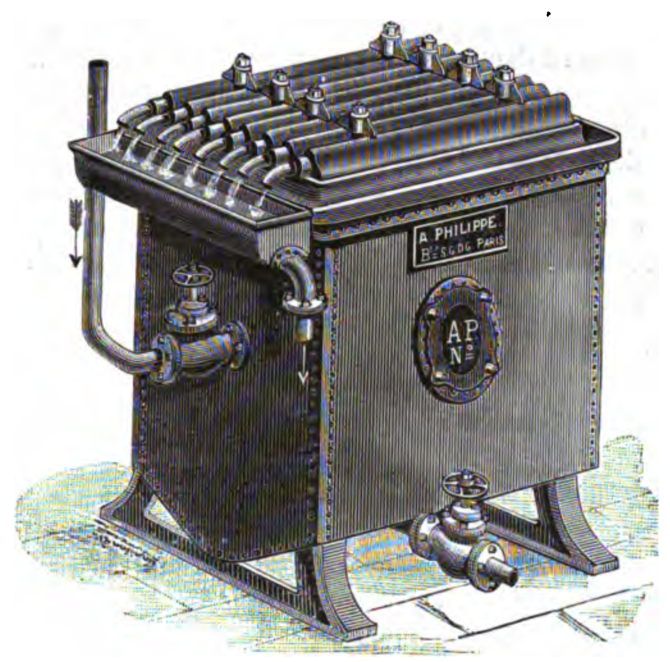


Fig. 99. — Filtre Philippe. — Vue en perspective.

Lorsque le lavage des poches est nécessaire, il suffit de fermer l'arrivée dans le filtre, de desserrer et de déplacer les chapeaux, puis de retirer les poches. Cette opération, très simple, ne demande qu'un instant. Les poches se lavent ensuite comme un sac ordinaire.

Le nettoyage intérieur de la cuve se fait par la porte ménagée à cet effet sur l'un de ses côtés.

La conduite de ce filtre est rendue aisée, non seulement par la rapidité et la simplicité des manœuvres, mais encore par la

facilité avec laquelle on peut suivre la marche de l'appareil.

La disposition des organes permet de contrôler à tout moment le débit des éléments filtrants et le degré de limpidité du liquide ; elle donne la possibilité d'isoler immédiatement, par une manœuvre simple et facile, celui d'entre eux qui donnerait un résultat douteux. Les boues et impuretés sont retenues extérieurement par chaque poche, dont le nettoyage est aisé et rapide.

Les derniers modèles de ce filtre comportent de très importants perfectionnements ; ils ont conservé les dimensions, l'aspect extérieur et les dispositions d'ensemble des précédents, mais ils en diffèrent par de nombreux détails de construction.

Notes et additions.

Appareil a succion pour la déshydratation de l'amidon

L'appareil à succion pour amidon consiste en une boîte rectangulaire A (fig. 100) à parois flexibles et élastiques *bb*, fixées à tenue d'air sur un fond métallique en forme d'entonnoir *a* et soutenues par un cadre léger en bois *c*, un double fond *d* également métallique, percé de trous et recouvert par un tissu filtrant, se mouvant librement de haut en bas dans l'intérieur de la boîte A.

L'ouverture conique *e* du fond *a* de l'appareil s'adapte à tenue d'air sur le cône *f* du robinet *g*, de manière que l'appareil lui-même peut facilement être enlevé de ce robinet qui lui sert de support, et être remis en place avec la même facilité.

Un nombre quelconque de robinets *g* peut être placé sur un tube *h* ou plusieurs tubes semblables reliés entre eux et communiquant avec une machine pneumatique, de sorte que celle-ci peut agir sur un nombre indéterminé d'appareils

A (fig. 102) pour extraire l'air de l'espace *v* (fig. 100) et opérer la succion.

La manière de se servir de l'appareil est très simple. Selon que l'on veut obtenir des pains ou des plaques, on remplit complètement ou seulement à 1/3 les formes A avec du lait d'amidon assez dense, et l'on ouvre les robinets *g* pour mettre les appareils en communication avec la machine pneumatique. La raréfaction de l'air dans l'espace *v* produit une filtration rapide de la plus grande partie de l'eau contenue dans le lait d'amidon et la solidification de celui-ci en une masse compacte.

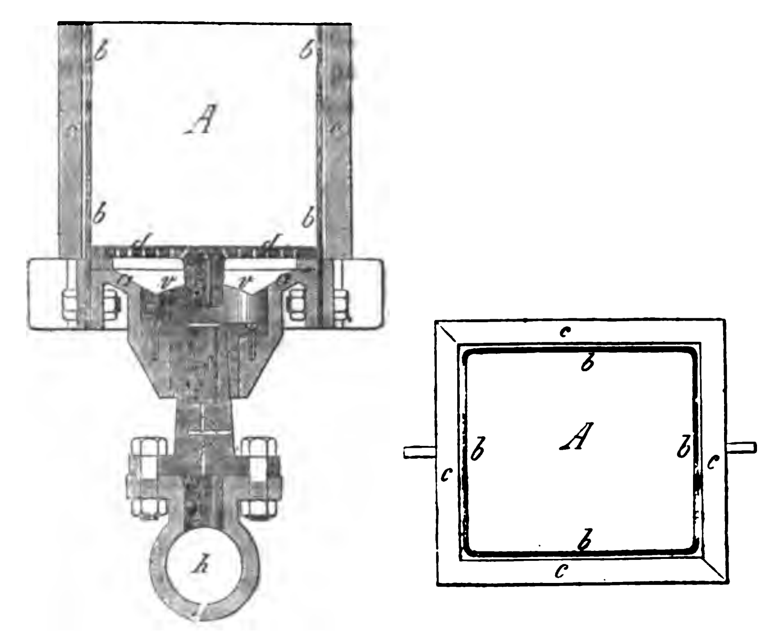


Fig. 100 et 101.

L'élasticité des parois *bb* de la forme, qui leur permet de suivre le retrait du pain en voie de solidification, empêche la formation de fentes et rend possible de prolonger autant qu'il

est nécessaire l'action du vide, car ces parois élastiques, sous l'influence de la pression atmosphérique, restent adhérentes aux faces du pain dont elles accompagnent le retrait jusqu'à complète solidification. Arrivé à ce point, on fait agir encore quelques minutes la machine pneumatique, afin d'obtenir la dessiccation des pains ou des plaques la plus complète qu'il soit possible d'atteindre par l'action du vide. On place alors le robinet à deux voies *g* dans la position voulue pour intercepter la communication entre l'espace *v* et les tubes absorbants *h*, ce qui met l'espace *v* en communication avec l'air atmosphérique. On procède alors à l'extraction du pain ou de la plaque d'amidon de la forme A, en enlevant celle-ci de la partie conique *f* du robinet *g* sur laquelle elle repose et en la plaçant sur l'appareil à extraire les pains B (fig. 103).

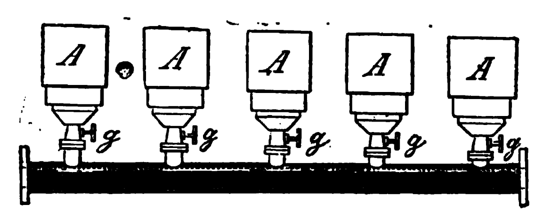


Fig. 102.

Celui-ci consiste essentiellement en deux guides verticaux *mm* et en une tige *n*. La forme placée entre les guides *mm* descend verticalement et vient reposer sur la base de l'appareil, tandis que le double fond *d* avec le pain *k* ou la plaque *l* d'amidon qu'il supporte, soutenue par la tige *n*, se trouve dégagé de la forme.

Le pain *k* ou la plaque *l* d'amidon peuvent être alors enlevés et il ne reste plus qu'à soulever l'appareil et à le replacer sur la partie conique *f* du robinet *g* pour recommencer une nouvelle opération.

Les soins d'entretien des appareils à succion se limitent à un lavage des tissus filtrants qui recouvrent le double fond *d*. Toutefois ce lavage n'est nécessaire que quand la perméabilité des tissus commence à diminuer.

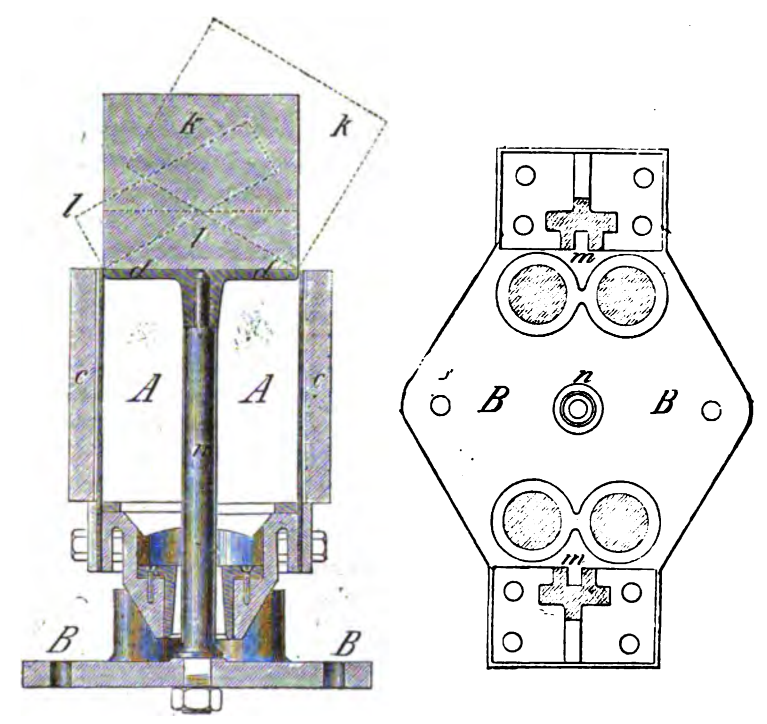


Fig. 103 et 104.

Il permet de sécher la fécule en très peu de temps et de la mettre à l'étuve sans passer par le ressuyage ; il donne directement des blocs de fécule verte de 45 à 50 kg. et même plus. La force qu'il exige est de 1 cheval par 100 sacs de fécule verte. L'essorage se fait en 15 minutes au maximum.

Nous donnons cette description à simple titre de document, et non pour le recommander.

NOUVEAU PROCÉDÉ DE SÉPARATION ET D'ÉPURATION DE LA FÉCULE ET DE L'AMIDON

*Brevet français n*os *302.822, du 7 août 1900* (1).

D'après ce procédé, l'extraction de la fécule et de l'amidon s'opère de deux manières différentes qui s'écartent absolument de celles usitées jusqu'à présent.

Il a pour objet 1° d'extraire de la solution féculente brute la fécule à l'état épuré, qui est évacuée d'une manière continue à la partie inférieure de l'appareil employé, tandis que les impuretés qu'elle tient en suspension ou en dissolution sont évacuées par la partie supérieure (fécule, amidon de maïs).

2° D'extraire du lait d'amidon brut l'amidon purifié, qui est évacué d'une manière continue à l'état de liquide fluide par la partie supérieure de l'appareil, tandis que les résidus sont éliminés, à l'état de liquide épais, par la partie inférieure (amidon de riz).

Ce procédé est applicable aussi bien pour l'extraction de la fécule de pommes de terre que pour le traitement des céréales, avec les réserves qui seront formulées plus loin. La durée du contact de la fécule ou de l'amidon avec l'eau est réduite au minimum. Toute main-d'œuvre est supprimée, la fécule traversant les différentes phases de l'extraction et du raffinage à l'état parfaitement fluide. En outre, la proportion de bas-produits est considérablement diminuée.

L'appareil se compose d'une cuve conique représentée en coupe schématique par la figure 105 (A), la figure 105 (D) montre trois appareils reliés en batterie et desservis par une pompe.

La hauteur et la section de la cuve varient suivant la nature de la matière mise en œuvre. Nous allons décrire le mode de fonctionnement

(1) Comme la plupart des brevets délivrés en France à des Allemands, celui-ci a le mérite d'être absolument inintelligible. Il est rédigé en un français tel que nous ne pourrions le reproduire sans nous exposer au reproche de nous livrer à une mauvaise plaisanterie ! L'Office des Brevets devrait au moins exiger que les textes qui lui sont soumis fussent rédigés en bon français ; ce serait bien la moindre des choses ! Il ne ferait ainsi qu'imiter le *Patentamt* de Berlin qui, lui, ne transige, ni pour la forme, ni pour le fond

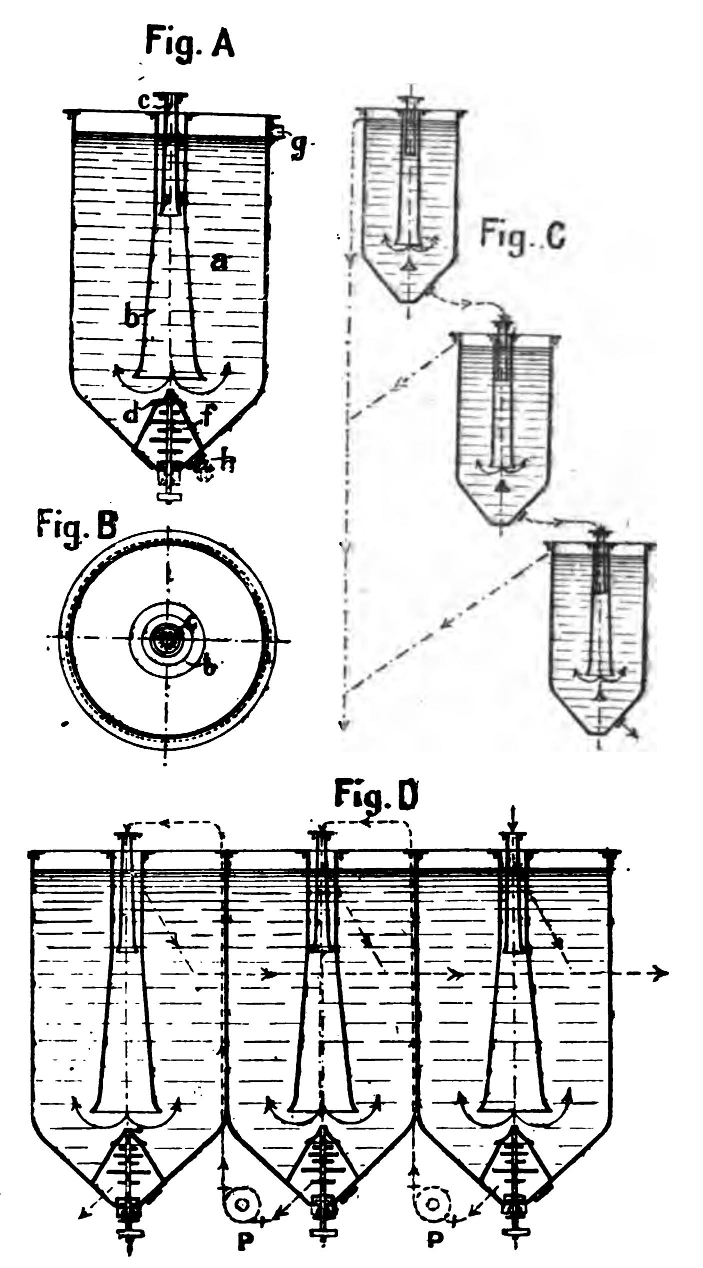


Fig. 105. — Cuve de séparation et d'épuration de la fécule et de l'amidon.
Brevet Uhland.

de l'appareil appliqué à l'extraction de la fécule de pommes de terre (1°). Pour plus de simplicité, nous supposerons qu'il est en fonctionnement régulier, par conséquent en pleine charge.

Le lait de fécule pénètre dans la cuve par le tuyau C. Ce tuyau s'élargit vers sa base où sa section atteint à peu près celle du tuyau *b* ; il plonge dans le liquide d'environ 0m,50, tant pour diminuer le contact de l'air que pour ménager une transition dans le passage du liquide de la plus grande vitesse à la plus petite et pour éviter les chocs.

Le tuyau *b* est fermé à sa partie supérieure, de sorte qu'il s'établit entre le couvercle qui le ferme et le liquide une sorte de tampon d'air destiné à équilibrer jusqu'à un certain point les variations inévitables qui se produisent dans l'introduction du lait de fécule avant qu'elles ne se répercutent dans la partie inférieure de l'appareil où elles influeraient sur la marche de la séparation.

Ainsi, l'élargissement progressif du tuyau C a pour effet de ralentir la vitesse de pénétration du liquide ; ce ralentissement s'accentue davantage encore dans le tuyau *b* par suite de son élargissement, de telle sorte que le lait de fécule sort du tuyau *b* sans choc et à une vitesse très réduite pour pénétrer dans le réservoir *a*. Il s'ensuit que la vitesse de descente des granules de fécule, due à leur pesanteur, dépasse considérablement celle du liquide qui les tient en suspension, ce qui fait que le lait de fécule atteint déjà une certaine concentration dans la partie inférieure du tuyau *b*.

Dans la partie conique *d*, placée à une distance convenable sous l'embouchure du tuyau *b*, le lait de fécule s'écarte radialement dans la direction des flèches. Par suite, la nappe de liquide acquiert une section beaucoup plus grande, et sa vitesse de descente en est si réduite qu'elle est à peine appréciable, ce qui permet aux granules de fécule qu'il tient en suspension de se rendre doucement sous une forme très concentrée dans le cône inférieur de l'appareil.

Pendant ce temps, le niveau du liquide s'est élevé graduellement dans le réservoir *a*, ce qui diminue encore davantage sa vitesse. Il en résulte que les granules de fécule qu'il tient encore en suspension se séparent, de telle sorte qu'en arrivant au niveau du tronçon inférieur, il ne contient plus qu'une certaine proportion de granules légers, mélangés avec les impuretés en dissolution dans l'eau et qui sont évacuées avec elle par le tronçon inférieur ou par un tuyau circulaire.

Le lait de fécule concentré descend du réservoir *a* pour se rendre d'abord dans la partie cylindrique. Au point de vue de la concentration du liquide féculent, cette partie de la cuve constitue en quelque

sorte une zône neutre, très importante pour le bon fonctionnement. De même dans la partie conique *f* qui se trouve sous la cuve, la concentration du liquide n'augmente plus que très faiblement par suite du peu d'obliquité des parois.

La partie *f* est munie à son point le plus bas d'un orifice de sortie *h*, qui peut être complètement ouvert ou fermé partiellement par un organe quelconque de réglage, de préférence par un registre.

Sous l'orifice de sortie *h* se trouve une rigole d'évacuation qui empêche la fécule de toucher sur les roues dentées. Celles-ci servent à actionner un arbre vertical *i* tournant dans le corps *f*, se mouvant dans une boîte à étoupe ; cet arbre est muni de palettes en tôle *k* placées obliquement et recourbéés en forme d'hélice. Les roues dentées reçoivent le mouvement au moyen d'une courroie et d'une poulie.

Ce dispositif de vidange permet d'évacuer la fécule par l'ouverture *h*, non plus sous forme d'un liquide épais, mais d'une masse presque solide. L'action des palettes de l'agitateur empêche toute obstruction résultant soit de la concentration de la masse, soit de la pression de l'eau, qui est d'environ 0,3 atm. Pour que les palettes de l'agitateur puissent aisément se mouvoir à travers la masse, elles sont affûtées à leur bord inférieur. Si l'on a soin de régler convenablement le registre de vidange *h*, la masse féculente évacuée, de même que le liquide contenu dans la partie cylindrique, a une densité toujours constante et uniforme, de sorte que l'appareil fonctionne d'une manière absolument automatique.

Le mouvement de l'agitateur n'exerce aucune influence sur le liquide contenu en *a* et n'entrave nullement le mouvement de concentration des granules de fécule.

Pour obtenir une fécule absolument pure, on la délaie dans dix fois son volume d'eau fraîche. Si on présente par 1 la quantité d'impuretés contenues dans le lait de fécule à sa sortie de la première cuve, il n'en contiendra plus que 1/10 en sortant de la deuxième cuve. En délayant alors de nouveau la fécule et faisant une nouvelle séparation dans une troisième cuve, les impuretés sont réduites à 1/100 de celles qui s'y trouvaient à la sortie de la première cuve. On obtient ainsi une fécule commerciale ordinaire qui peut être essorée telle quelle ; pour obtenir de la fécule de qualité fine, on lui donne en outre un lavage par décantation avant de la turbiner.

*
* *

A l'inverse des solutions brutes de fécule de pommes de terre, de maïs ou de froment, les résidus contenus dans le lait d'amidon de riz se précipitent beaucoup plus rapidement vers le fond de la cuve que l'amidon lui-même. Il s'ensuit que ces résidus se réunissent dans la partie inférieure *f* de l'appareil et s'écoulent en *h* d'une manière continue, tandis que l'amidon pur, débarrassé des impuretés, s'écoule par le haut de la cuve.

Pour épuiser complètement les résidus évacués en *h*, on les délaie de nouveau dans l'eau fraîche et on les soumet à une nouvelle séparation dans la cuve. D'un autre côté, pour réduire l'espace occupé par le lait d'amidon qui s'écoule par le haut de la cuve, on emploie le liquide analysé sortant de la deuxième cuve pour délayer la mouture venant du moulin, tandis que le lait d'amidon sortant de la troisième cuve servira à délayer les résidus évacués de la première cuve, de sorte que le lait d'amidon qui s'écoule de la première cuve est seul dirigé dans les bassins de dépôt à un état de concentration toujours uniforme.

*
* *

Ce procédé peut également s'appliquer au raffinage des bas produits Ceux-ci sont délayés dans l'eau pure, et traités ensuite dans les cuves d'une manière continue. On peut intercaler entre les cuves un dispositif de tamisage approprié qui retient les grosses impuretés.

La figure 105 D montre la façon dont la fécule est transportée d'une cuve dans une autre. On dispose sous chaque cuve un bassin muni d'un agitateur où la fécule arrive en sortant de la cuve précédente. On la délaie dans de l'eau fraîche et on mélange à fond ; on l'envoie ensuite dans la cuve suivante au moyen des pompes PP. On peut également intercaler ici des dispositifs de tamisage destinés à retenir les grosses impuretés.

EXTRAIT

DE LA LOI RELATIVE A L'ÉTABLISSEMENT

DU TARIF GÉNÉRAL DES DOUANES

Article Premier. — Le tarif général des douanes et le tarif minimum relatifs à l'importation et à l'exportation sont établis conformément aux tableaux A et B annexés à la présente loi.

Le tarif minimum pourra être appliqué aux marchandises originaires des pays qui feront bénéficier les marchandises françaises d'avantages corrélatifs et qui leur appliqueront leurs tarifs les plus réduits.

Art. 2. — Les produits d'origine extra-européenne importés d'un pays d'Europe sont soumis aux surtaxes spécifiées dans le tableau C annexé à la présente loi.

Les sucres étrangers continuent à acquitter les surtaxes établies par les lois des 19 juillet 1880 et 5 août 1890.

Les produits européens importés d'ailleurs que des pays d'origine acquitteront les surtaxes spécifiées au tableau D annexé à la présente loi.

Art 3. — Les droits et immunités applicables aux produits importés dans la métropole, des colonies, des possessions françaises et des pays de protectorat de l'Indo-Chine, sont fixés conformément au tableau E annexé à la présente loi.

Sont exceptés du régime du tableau E les territoires français de la côte occidentale d'Afrique (sauf le Gabon), Tahiti et ses dépendances, les établissements français de l'Inde, Obock, Diego-Suarez, Nossi-Bé et Sainte-Marie de Madagascar. Toutefois, les denrées d'origine française provenant des établissements français de l'Inde sont exemptes de droits. Des exemptions ou détaxes pourront être, en outre, accordées à d'autres produits naturels ou fabriqués originaires des établisse-

ments susvisés, suivant la nomenclature qui sera arrêtée pour chacun d'eux par des décrets en Conseil d'Etat. Les produits naturels ou fabriqués, originaires de ces établissements, qui ne seront admis à leur entrée en France au bénéfice d'aucune exemption ou détaxe, seront soumis aux droits du tarif minimum.

Les produits étrangers importés dans les colonies, les possessions françaises et les pays de protectorat de l'Indo-Chine, — à l'exception des territoires énumérés au paragraphe 2, — sont soumis aux mêmes droits que s'ils étaient importés en France.

ART. 11. — L'article 2 de la loi du 8 juillet 1890, portant exemption des maïs, riz et blés durs employés à la fabrication de l'amidon sec en aiguilles et en marrons, est abrogé.

ART. 13. — A partir de la promulgation de la présente loi, le bénéfice de l'admission temporaire ne pourra être accordé à aucune industrie qu'en vertu d'une disposition législative, après avis du comité consultatif des arts et manufactures.

Toutefois, le gouvernement continuera à accorder des autorisations d'admission temporaire dans les cas suivants ;

Demandes d'introduction d'objets pour réparations, essais, expériences ;

Demandes d'introduction présentant un caractère individuel et exceptionnel non susceptible d'être généralisé ;

Demandes d'introduction de sacs et emballages à remplir.

L'admission temporaire est accordée au maïs étranger employé à la production des alcools purs à 90 degrés et au-dessus, et des amidons destinés à l'exportation ;

Sont maintenues en vigueur les facultés actuellement concédées, en matière d'admission temporaire, en vertu de décisions antérieures à la présente loi, pour les produits suivants :

Blé-froment.

Riz en grain et en paille (1).

ART. 17. — Sont abrogées toutes les lois antérieures en ce qu'elles ont de contraire à la présente loi.

ART. 18. — La présente loi sera mise en vigueur le 1er février 1892.

ART. 19. — Les droits résultant de la loi du 7 mai 1881 et portés sous le n° 197 du tableau A annexé à la présente loi ne seront perçus que jusqu'au 30 septembre 1892 inclusivement.

(1) Les riz en brisures sont compris dans les riz en grains.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 11 janvier 1892.

CARNOT.

Par le Président de la République ;

Le Ministre du commerce, de l'industrie et des colonies,
Jules ROCHE.

Le Ministre de l'agriculture,
J. DEVELLE.

TABLEAU A. — Tarif d'entrée.

	Droits (décimes compris) Tarif général fr. c.	Droits (décimes compris) Tarif minimum fr. c.
ART. 68. — Froment, épeautre et méteil en grains, les 100 kil.	5 »	—
Id. en grains concassés et boulanges contenant plus de 10 0/0 de farine, id.	8 »	—
Id. farines	8 à 12	»
ART. 72. — Maïs en grains, id.	3 »	—
Id. en farines, id.	5 »	—
ART. 73. — Sarrasin en grains, id.	2 50	—
Id. en farine, id.	4 »	—
ART. 78. — Sagou, salep, fécules exotiques et leurs dérivés, id.	8 »	6 »
ART. 79. — Riz en paille, id.	3 »	—
Brisures de riz, id.	6 »	—
Riz entier, farines et semoules, id.	8 »	—
ART. 81. — Marrons, châtaignes	3 »	—
ART. 81 *b*. — Farines de marrons et de châtaignes	5 »	—
ART. 82. — Dari, millet et alpiste en grains, etc.	3 »	—
Id. en farine, id.	4 50	—

Art. 83. — Pommes de terre, id.	» 40	—
Art. 190. — Houille crue ou carbonisée (coke), id.	» 12	» 12
Art. 281 *bis*. — Engrais chimiques (mélanges de produits chimiques servant à l'agriculture, id.	Exempts	Exempts
Art. 318. — Amidon proprement dit, id. . .	18 »	14 »
Art. 319. — Fécules de pommes de terre, maïs et autres.	15 »	12 »
Art. 329 *bis*. — Tapioca indigène, id. . . .	14 »	11 »
Art. 319 *ter*. — Dextrine et autres produits dérivés des fécules, des amidons ou d'autres amylacées non dénommées	16 »	13 »

TABLEAU C. — Surtaxes applicables aux produits d'origine extra-européenne importés d'un pays d'Europe.

Art. 693. — Toutes autres marchandises, id. 3 60

TABLEAU D. — Surtaxes applicables aux produits d'origine européenne importés d'ailleurs que des pays de production.

Art. 701. — Riz en grains ou en paille, id. 1 80

FIN

TABLE DES MATIÈRES

—

PREMIÈRE PARTIE

Fabrication de la fécule.

CHAPITRE PREMIER

L'AMIDON

CHAPITRE II

LA POMME DE TERRE

CHAPITRE III

EXTRACTION DE LA FÉCULE DES POMMES DE TERRE

CHAPITRE IV

SÉPARATION, ÉPURATION ET BLANCHIMENT DE LA FÉCULE

CHAPITRE V

ETUVAGE ET DESSICCATION DE LA FÉCULE

CHAPITRE VI

LES RÉSIDUS DE LA FÉCULERIE

CHAPITRE VII

QUESTIONS DIVERSES

CHAPITRE VIII

CONTRÔLE DU TRAVAIL

CHAPITRE IX

DEUXIÈME PARTIE

Fabrication de l'amidon

CHAPITRE X

FABRICATION DE L'AMIDON DE MAÏS

CHAPITRE XI

FABRICATION DE L'AMIDON DE MAÏS EN AMÉRIQUE

CHAPITRE XII

FABRICATION DE L'AMIDON DE RIZ

CHAPITRE XIII

FABRICATION DE L'AMIDON DE FROMENT AVEC EXTRACTION DE L'AMIDON DE GLUTEN

CHAPITRE XIV

FABRICATION DE L'ARROW-ROOT, DU SAGOU ET DU TAPIOCA

CHAPITRE XV

FALSIFICATION DE LA FÉCULE ET DE L'AMIDON

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

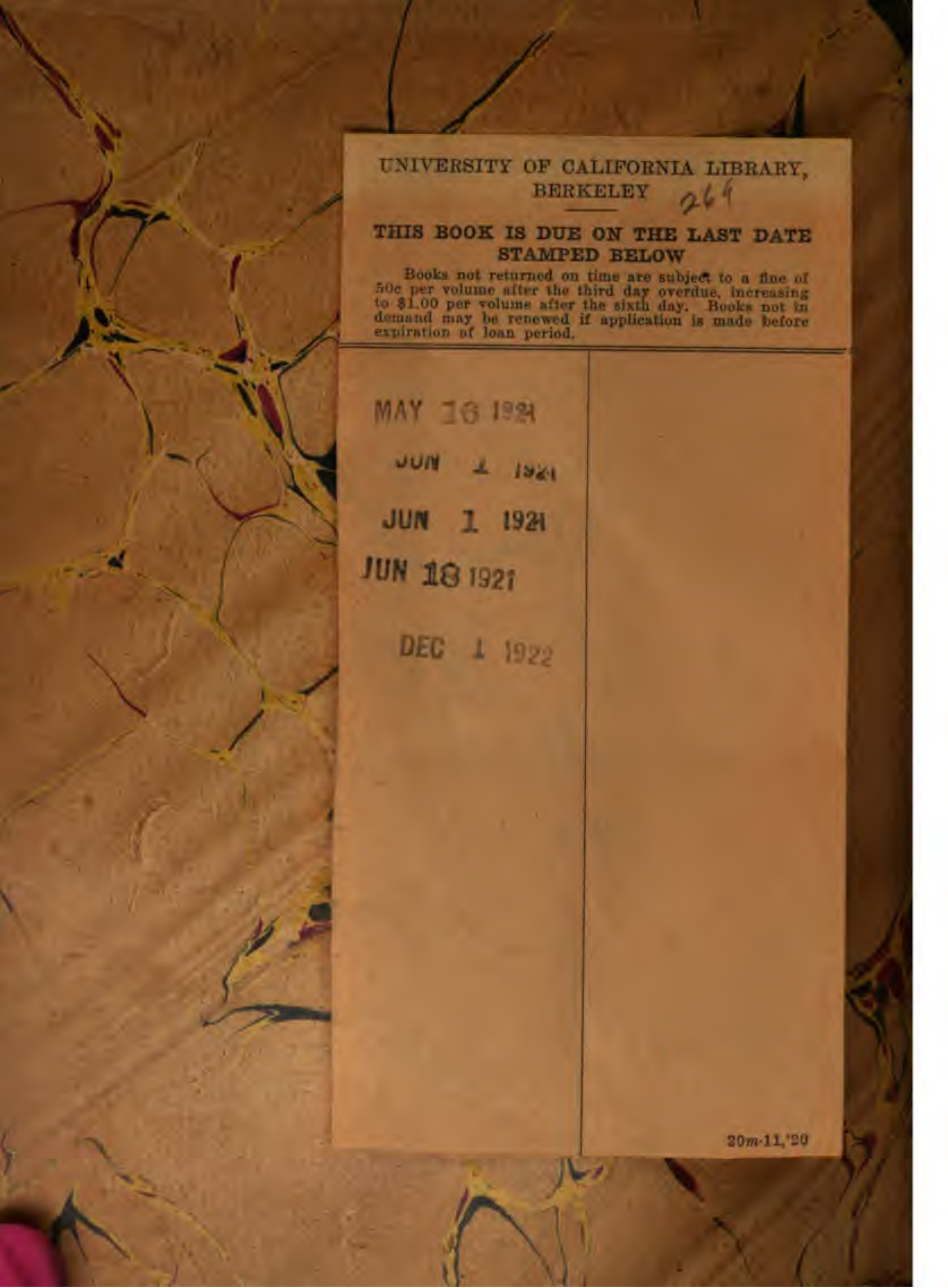
NOTES ET ADDITIONS

Saint-Amand (Cher). — Imprimerie BUSSIÈRE.

A LA MÊME LIBRAIRIE

SAINT-AMAND (CHER). — IMPRIMERIE BUSSIÈRE

87
57
222
226
247
[illegible]
295
1[illegible]6
925



UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY,
BERKELEY
264
THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW
Books not returned on time are subject to a fine of 50c per volume after the third day overdue, increasing to $1.00 per volume after the sixth day. Books not in demand may be renewed if application is made before expiration of loan period.
MAY 16 1921
JUN 1 1921
JUN 1 1921
JUN 18 1921
DEC 1 1922
20m-11,'20


YC 70474
TP415
F8
Fritsch
165324

